

СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



Витебский государственный технологический университет

Витебск
2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Витебский государственный технологический университет

СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Рекомендовано УМО ВУЗов Республики Беларусь по образованию в области автоматизации технологических процессов, производств и управления в качестве учебного пособия для студентов высших технических учебных заведений, обучающихся по направлениям: «Технология, оборудование и автоматизация производств», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Витебск
2017

УДК 621.9 (075.8)
ББК 34.42
Б 43

Рецензенты:
профессор кафедры «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета, доктор технических наук Каштальян И. А.;
доцент кафедры «Технология конструкционных материалов» Полоцкого государственного университета, кандидат технических наук, доцент Фруцкий В. А.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 6 от «23» июня 2016 г.

Беляков, Н. В.
Б 43 Синтез технологических процессов : учебное пособие / Н. В. Беляков, Ю. Е. Махаринский, В. И. Ольшанский, В. А. Горохов; УО «ВГТУ». – Витебск, 2017. – 472 с.

ISBN 978-985-481-455-1

В учебном пособии изложена методика проектирования индивидуальных технологических процессов изготовления оригинальных нетиповых деталей (корпусы, кронштейны и т. д.). Приводятся алгоритмы проектирования и рассмотрены детальные примеры. Наличие в приложениях справочной информации позволяет использовать пособие для курсового проектирования по дисциплине «Технологии машиностроения», а также технологической части дипломных проектов.

Учебное пособие предназначено для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов и будет полезно инженерно-техническим работникам машиностроительных заводов.

УДК 621.9 (075.8)
ББК 34.42

ISBN 978-985-481-455-1

© УО «ВГТУ», 2017

Витебский государственный технологический университет

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 6
1 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ…… 12
1.1 Анализ конструкторской информации…….. 12
1.1.1 Свертка конструкторской информации…….. 12
1.1.2 Проверка правильности простановки линейных размеров... 13
1.1.3 Проверка правильности задания допусков взаимного расположения…… 18
1.1.4 Анализ технологичности…….. 30
1.2 Методы контроля готовой детали……. 37
1.3 Определение типа производства…….. 37
1.4 Изготовление заготовки……. 40
1.4.1 Определение метода и способа получения заготовки…… 40
1.4.2 Чертеж заготовки. Технология изготовления заготовки….. 49
2 ЭТАП СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИИ…….. 70
2.1 Синтез маршрутов обработки типовых компонентов детали… 70
2.2 Синтез маршрута обработки заготовки…… 83
2.3 Синтез теоретических схем базирования и установки…… 101
2.3.1 Основные понятия…… 101
2.3.2 Реальное базирование…… 102
2.3.3 Конструкторская и технологическая проектные базы. Комплект баз ориентации…….. 106
2.3.4 Понятие теоретических схем базирования и установки. Настроечная база…… 107
2.3.5 Размерная настройка…… 122
2.3.6 Проектирование схем базирования…… 128
2.3.7 Проектирование схем установки…… 137
2.4 Погрешность теоретической схемы установки…… 141
3 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ…… 156
3.1 Размерный анализ технологического процесса…… 156
3.1.1 Определение припусков и допусков на технологические размеры……156
3.1.2 Формирование размерных схем технологического процесса…… 164
3.1.3 Формирование уравнений размерных цепей…….. 165
3.1.4 Расчет технологических размеров и размеров заготовки…. 168
3.1.5 Использование ЭВМ при размерном анализе технологического процесса…….. 172
3.2 Определение режимов резания……. 180
4 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ…… 185

Витебский государственный технологический университет

4.1 Расчет норм времени для всех операций…….. 185
4.2 Оформление комплекта технологической документации…….. 188
4.2.1 Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие вопросы…….…… 188
4.2.2 ЕСТД. Виды документов……..... 190
4.2.3 Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы 191
4.2.4 Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы…….. 196
4.2.5 Правила и последовательность заполнения бланков технологической документации. Общие положения……... 197
4.2.6 Правила заполнения ведомости технологических документов…….. 201
4.2.7 Правила заполнения титульного листа……. 204
4.2.8 Правила заполнения маршрутной карты…….. 208
4.2.9 Правила заполнения операционной карты……... 215
4.2.10 Правила заполнения карты эскизов…… 218
4.2.11 Правила заполнения документов технического контроля 219
4.3 Оформление пояснений…… 222
4.3.1 Структурные элементы расчетно- пояснительной записки 222
4.3.2 Требования к содержанию структурных элементов записки…… 223
4.3.3 Правила оформления записки…… 223
4.4 Оформление графического материала……. 229
Список использованных источников……. 233
Приложение А. Иллюстрированный классификатор некоторых элементарных типовых компонентов деталей…… 240
Приложение Б. Элементы классификатора комплексных функциональных модулей корпусных деталей машин по служебному назначению……..... 243
Приложение В. Допуски для размеров до 10 000 мм…… 251
Приложение Г. Числовые значения неуказанных допусков перпендикулярности, соосности и симметричности……253
Приложение Д. Оценка технологичности по качественным показателям…….. 257
Приложение Е. Схемы контроля, мерительный инструмент…… 269
Приложение Ж. Весовые коэффициенты критериев выбора метода изготовления поковки и классы точности и допуски на отливки 287
Приложение И. Схемы распределения припуска по этапам типовой схемы обработки некоторых функциональных модулей……. 290
Приложение К. Технологические регламенты обработки некоторых функциональных модулей……..... 296

Витебский государственный технологический университет

Приложение Л. Классификатор переходов механической обработки…… 304
Приложение М. Таблица соответствия кода типового элемента кодам переходов…… 309
Приложение Н. Показатели качества, индивидуальные условия выбора переходов и основное время некоторых операций…… 313
Приложение П. Кодификатор функциональных модулей низких рангов…… 322
Приложение Р. Режущий, вспомогательный инструмент, приспособления…… 327
Приложение С. Классификация, система обозначений и технические характеристики металлорежущих станков …….. 335
Приложение Т. Вспомогательные таблицы синтеза схем установки……... 364
Приложение У. Алгоритмы назначения вида компонентов комплекта технологических баз…… 370
Приложение Ф. Качество поверхности заготовок…… 384
Приложение Х. Допуски на некоторые технологические размеры 390
Приложение Ц. Режимы резания и нормативы времени..…… 395
Приложение Ш. Комплектность документов для каждого ЕТП в зависимости от условий производства…… 451
Приложение Щ. Варианты основных комплектов документов на ТТП (ГТП) и примеры полной и сокращенной записи содержания переходов и графического изображения обрабатываемых поверхностей..... 455
Приложение Э. Коды характеристики технологических документов…….. 462
Приложение Ю. Примеры оформления технологической документации……... 464
Приложение Я. Оформление некоторых структурных элементов 470

Витебский государственный технологический университет

ВВЕДЕНИЕ

Типовое проектирование (ТП) обработки деталей нашло широкое применение в условиях технологической подготовки мелкосерийного и серийного производства. Структурная схема процесса такого проектирования показана на рисунке. Согласно этой схеме процесс проектирования состоит из трех процедур.

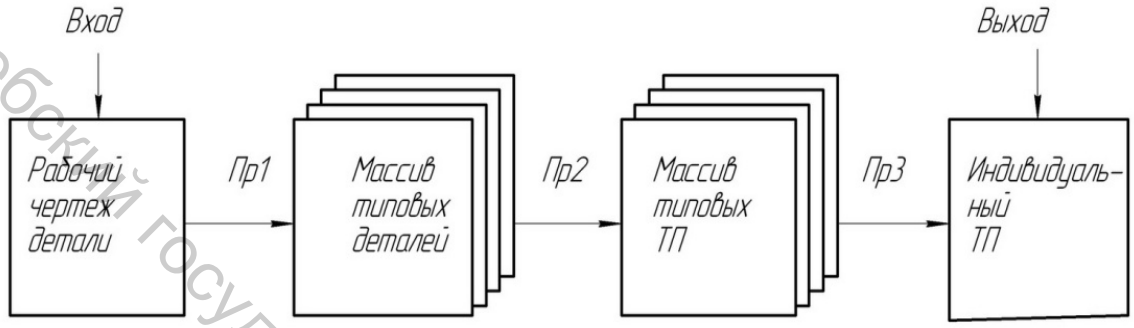


Рисунок – Структурная схема типового проектирования ТП обработки заготовок деталей машин (Пр – процедура проектирования)

Процедура 1. По рабочему чертежу детали, технологический процесс изготовления которой необходимо спроектировать, из массива типовых деталей выбирается подходящая типовая деталь. Критериями сравнения при выборе являются: конфигурация детали (состав типовых поверхностей и их взаимное расположение), ее габаритные размеры, материал и параметры качества (твердость, квалитет точности и параметр шероховатости) ее типовых поверхностей. При этом должны соблюдаться следующие условия.

1. Мощность множества типовых элементов формы (типовых поверхностей или функциональных модулей) детали, для изготовления которой разрабатывается ТП, должна быть меньше мощности соответствующего множества у типовой детали. Это значит, что данная деталь не должна содержать типовых элементов формы, которых нет в типовой детали.

2. Мощность множества видов взаимного расположения типовых элементов формы детали, для которой разрабатывается ТП, должна быть меньше соответствующего множества у типовой детали. Например, на данной детали типа ступенчатый вал не должно быть отверстий, параллельных или перпендикулярных главной оси вала, если таких отверстий нет у типовой детали.

3. Деталь, для которой проектируется ТП, должна относиться к той же размерной группе (мелкие, небольшие, средние, крупные), что и типовая деталь.

Витебский государственный технологический университет

4. Материал детали, для изготовления которой проектируется ТП, должен быть одним из элементов множества возможных материалов типовой детали.

5. Твердость детали, для которой проектируется ТП, не должна быть большей, чем твердость типовой детали. Если на типовой детали не предусмотрена полная или частичная химико-термическая обработка и нанесение покрытия, то на данной детали эти показатели также должны отсутствовать.

6. Параметры качества (квалитет точности размеров, допуски относительного расположения, степень точности формы, параметр шероховатости) типовых элементов детали, для которой проектируется ТП, должны быть больше или равны соответствующим параметрам качества типовой детали.

Процедура 2. По коду выбранной типовой детали подбирается код типового технологического процесса ее изготовления. Типовой технологический процесс представляет собой упорядоченный (по последовательности выполнения) набор описаний технологических операций и их элементов (переходов), необходимый и достаточный для изготовления типовой детали. Каждой операции и переходу соответствует набор логических условий назначения. Эти условия можно разбить на две группы. К первой относятся конструктивные условия, отражающие специфику формы, материала и качества детали. Ко второй группе условий относятся размер партии и годовой выпуск деталей, для обработки которых проектируется ТП.

Процедура 3. «Доработка» типового ТП, которая заключается:

1) в назначении операций и переходов, необходимых и достаточных для изготовления данной конкретной детали, путем сопоставления ее структуры и параметров с логическими условиями назначения, которые соответствуют операциям и переходам типового ТП;

2) в назначении типов и параметров оборудования, оснастки и инструментов, которые выбираются их множества, предусмотренного в типовом ТП;

3) в назначении параметров режимов обработки и нормировании операций согласно таблицам, приведенным в типовом ТП;

4) в оформлении технологической документации согласно ГОСТ.

К достоинствам метода типового проектирования можно отнести:

1) повышение производительности труда технолога, что приводит к сокращению сроков технологической подготовки производства;

2) повышение степени надежности процесса проектирования ТП, так как вероятность допущения ошибок даже технологом относительно низкой квалификации весьма невелика;

Витебский государственный технологический университет

3) повышение уровня технологичности деталей, так как их классификация обязательно сопровождается унификацией и нормализацией функциональных элементов деталей;

4) повышение уровня качества технологической подготовки, так как разработка типовых технологических процессов предусматривает анализ и обобщение передового опыта предприятий отрасли, что способствует внедрению прогрессивных апробированных методов обработки и использованию переналаживаемой (обратимой) оснастки. Кроме того, данный метод проектирования сравнительно просто автоматизировать с помощью ЭВМ.

К недостаткам метода типового проектирования следует отнести:

1) сложность и трудоемкость его подготовки, т. е. разработки массивов типовых деталей и типовых технологических процессов;

2) технолог, использующий только данный метод проектирования, практически лишается условий для повышения уровня квалификации.

Подготовка метода типового проектирования осуществляется обычно высококвалифицированным технологом и начинается с разработки классификатора типовых деталей. Выделение типовых деталей лучше всего осуществлять, пользуясь иллюстрированным определителем деталей общемашиностроительного применения и конструкторским архивом предприятия. Детали, отнесенные к одному типу должны быть технологически подобными, то есть их различия в структуре, параметрах и свойствах не должны превышать некоторых допустимых величин и позволять изготовить эти детали в рамках одного типового технологического процесса.

Желательно, чтобы «допуск» на различие между типовыми деталями был оптимальный, так как его расширение усложняет выполнение процедуры 3, и его сужение раздувает объем массивов типовых деталей и типовых технологических процессов.

В условиях серийного, крупносерийного и массового производства или при проектировании технологических процессов ***изготовления оригинальных нетипизированных деталей*** (часто это детали типа «кронштейн», «корпус» и т. д.) использование методики типового проектирования становится неэффективным и невозможным. В таких случаях следует использовать методику индивидуального проектирования, которая отличается от типового проектирования технологического процесса, прежде всего, характером выбираемых типовых решений и ***наличием процедуры синтеза***. Кроме того, она базируется на постоянном наращивании информации в процессе решения технологических задач на разных уровнях иерархии, т. е. последовательность решения частных задач проектирования определяется наличием необходимой информации. Генерируемая в процессе проектирования новая информация является основой для решения последующих более емких и сложных задач.

Витебский государственный технологический университет

Технологическое проектирование процесса изготовления детали можно разделить на три группы задач, связанных с обеспечением:

1) заданной формы, размеров и шероховатости отдельных поверхностей;

2) заданного взаимного расположения поверхностей детали;

3) высокой экономической эффективности процесса обработки.

Первая группа требований обеспечивается, в основном, правильным выбором метода обработки, инструмента, вида размерной настройки и режимов резания, а также числом ступеней обработки поверхностей. Вторая группа требований обеспечивается точностью базирования и закрепления заготовки, точностью позиционирования узлов станка и индексации приспособлений. Третья группа требований определяется правильным выбором временной структуры операций и оптимизацией режимов обработки.

Для решения этих задач необходима информация. Часть этой информации содержится в исходных данных. Это сведения о структуре и параметрах детали, производственной программе, возможностях заготовительного, термического и механического цехов. Другая часть информации, необходимой для решения технологических задач, генерируется в процессе проектирования. Эта часть информации является как бы промежуточной и в готовом технологическом процессе может отсутствовать в явном виде.

В соответствии с системным подходом сложный процесс индивидуального проектирования ТП необходимо разделить на ряд иерархически соподчиненных подсистем так, чтобы уровень иерархии подсистемы проектирования определялся объемом информации, необходимой и достаточной для решения отнесенных к ней технологических задач. Поэтому вначале должны решаться только те задачи, информация для которых содержится в исходных данных. Кроме того, чтобы ослабить влияние ранее принятых решений на результаты последующих, необходимо при проектировании технологического процесса использовать принцип свободы выбора решений, который заключается в несколько неполной конкретизации промежуточных решений, т. е. в выборе не одного лучшего варианта, а некоторой их совокупности близкой к оптимуму.

Процесс синтеза индивидуального технологического процесса изготовления детали делится на следующие этапы и процедуры:

Этап 1 (предварительный)

1.1 Анализ конструкторской информации.

1.2 Выбор методов контроля готовой детали.

1.3 Определение типа производства.

1.4 Выбор метода получения заготовки.

Этап 2 (синтетический)

Витебский государственный технологический университет

2.1 Синтез вариантов маршрута обработки типовых компонентов заготовки детали и распределение полученного набора переходов по этапам типовой схемы обработки.

2.2 Синтез комплектов технологических баз и назначение порядка выполнения переходов внутри этапов типовой схемы обработки.

2.3 Синтез схем установки и определение ее погрешности.

Этап 3 (аналитический)

3.1 Размерный анализ технологического процесса.

3.2 Назначение режимов резания.

Этап 4 (заключительный)

4.1 Нормирование и определение экономических характеристик спроектированного технологического процесса.

4.2 Оформление технологической документации.

Задача проектирования индивидуальных технологических процессов изготовления деталей методом синтеза является сложной трудно поддающейся формализации. На кафедре технологии и оборудования машиностроительного производства Витебского государственного технологического университета разработан ряд приведенных ниже методик для формального принятия решений при синтезе технологических процессов. Получение навыков использования этих методик целесообразно производить в ходе курсового проектирования по дисциплине «Технология машиностроения», а также в ходе дипломного проектирования по соответствующим специальностям. Курсовое проектирование, а также разработка технологической части дипломных проектов закрепляет, углубляет и обобщает знания, полученные студентами во время лекционных, практических и лабораторных занятий при изучении общетехнических и специальных предметов: теория проектирования технических систем, теория резания, режущий инструмент, нормирование точности и технические измерения, проектирование и производство заготовок, основы технологии машиностроения, проектирование технологических процессов, технологическая оснастка, технология обработки на станках с ЧПУ. Курсовое и дипломное проектирование должно научить студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, номограммами и нормами, умело сочетать справочные данные с теоретическими знаниями, полученными в процессе изучения курсов. При курсовом и дипломном проектировании особое внимание уделяется самостоятельному творчеству студента с целью развития его инициативы в решении технических и организационных задач, а также детального и творческого анализа технологических процессов.

Курсовой проект по дисциплине «Технология машиностроения», а также технологическая часть дипломных проектов включает в себя решение следующих частных задач: проектирование индивидуального технологического процесса изготовления оригинальной детали (обычно корпусной) и проектирование станочных приспособлений. Результаты

Витебский государственный технологический университет

проектирования представляются в виде: 1) расчетно-пояснительной записки; 2) технологической документации; 3) графического материала. Задание на курсовое проектирование и технологическую часть дипломного проекта включает: 1) чертеж детали; 2) тип производства; 3) список типов технологического оборудования на участке цеха.

В пособии приводятся все необходимые для выполнения курсового проекта, а также технологической части дипломных проектов справочно-информационные материалы. Материалы оформлены в виде приложений, на которые сделаны ссылки в пособии.

Современный уровень технологии машиностроения позволяет изменить взгляд на нее как на науку второго порядка после таких классических прикладных наук, как, например, теория механизмов и машин, сопротивление материалов и других, обслуживающих конструирование. В настоящее время технологию машиностроения можно трактовать как науку по материализации конструкторских идей, которая должна не только гарантировать заданное качество и эффективность изготовления машин, но и приводить технологическими путями к улучшению их эксплуатационных свойств и повышению ресурса работы в усложненных условиях эксплуатации.

Учебное пособие предназначено для студентов ВУЗов. Может использоваться как для изучения теоретического курса, так и при проведении практических и лабораторных работ. Наличие в пособии методик индивидуального проектирования технологических процессов изготовления деталей и справочной базы в виде приложений позволяет использовать его в ходе курсового и дипломного проектирования.

Учебное пособие также может быть полезно для учащихся колледжей, техникумов и технических училищ машиностроительного профиля, слушателей системы повышения квалификации и переподготовки специалистов машино- и приборостроения. Он может использоваться работниками промышленных предприятий, конструкторских бюро и других организаций.

Витебский государственный технологический университет

1 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1 Анализ конструкторской информации

1.1.1 Свертка конструкторской информации

Для свёртки конструкторской информации необходимо построить исходный эскиз детали в необходимом числе проекций (рисунок 1.1). Для однозначного понимания конструкции детали рекомендуется произвести ее построение в графическом 3-D редакторе (рисунок 1.2). Далее нумеруются все поверхности поверхностей. Нумерацию поверхностей следует производить в строгой последовательности (рисунок 1.3). Согласно этому эскизу необходимо: а) разделить поверхности на две группы: обрабатываемые резанием и те, формообразование которых завершилось в процессе изготовления заготовки (литьем, штамповкой и т. д.); 2) провести классификацию обрабатываемых поверхностей по форме (см. приложение А); 3) оценить необходимую точность и шероховатость каждой классификационной группы поверхностей; 4) выделить поверхности, для которых заданы дополнительные требования к точности относительного расположения. Данные сводятся в таблицу классификации (см. таблицу 1.1).

Таблица 1.1 – Классификация элементарных компонентов конструкции

№	Класс	Подкласс	Группа	Вид	Тип	Ra, IT	Дополнительные требования
1	вращения	элементарная	торец	открытая	наружная	1,6 ±0.1	База В
2	вращения	элементарная	цилиндрическая	полуоткрытая	внутренняя	3,2 9	
...	...	...	...	...	...	...	...
10	плоская	плоскость	без уступа	открытая	–	1,6 ±0.03	⊥ 0,04 В
...	...	...	...	...	...	...	...

Затем из детали выделяются функциональные модули. Для корпусных деталей это модули образующие основные и вспомогательные сборочные базы, модули коммуникации, крепежные и объединительные модули. Отмечаются связи между ними. В приложении Б приводится классификатор комплексных функциональных модулей для корпусных деталей. Конфигурацию заданной детали легко получить из комплексных модулей путем исключения из их состава поверхностей отсутствующих в рассматриваемой детали.

Так, деталь, представленная на рисунке 1.2, состоит из пяти функциональных модулей, образующих основную и вспомогательные

Витебский государственный технологический университет

сборочные базы (модули – ОВБ6, ОВБ1, ОВБ7, ОВБ11), одного крепежного модуля (КР02) и ряда объединяющих модулей. Выделяются главные поверхности модулей (протяженные наиболее точные поверхности вращения, торцовые наружные поверхности). Функциональные модули целесообразно выделить на эскизе детали разными цветами. Данные анализа сводятся в таблицу функциональных модулей (см. таблицу 1.2).

1.1.2 Проверка правильности простановки линейных размеров

Проверка ***правильности простановки линейных размеров*** производится с помощью графов размерных связей. Граф на плоскости изображается множеством соответствующих поверхностям вершин, соединенных дугами (или ребрами), каждая из которых соответствует размеру с допуском, связывающему две поверхности. В приложении В приводятся значения допусков соответсвующих квалитетов. Граф размерных связей строится для каждой из координатных осей. На рисунке 1.4 показан пример проверки правильности простановки размеров детали показанной на рисунке 1.3 с помощью графов размерных связей для каждой из осей координат. На графах исходные поверхности, формообразование которых завершилось в процессе изготовления заготовки, отмечены сдвоенной окружностью. Номер внутри окружности соответствует номеру поверхности. Симметрично расположенные поверхности, в частности поверхности вращения, на графе отражены двумя вершинами, одна из которых – ось симметрии. Для деталей с общей плоскостью симметрии и рядом поверхностей вращения (в том числе и соосных), оси которых лежат в этой плоскости при построении графа размерных связей по оси перпендикулярной плоскости симметрии, в необходимом координатном направлении вначале отыскивается базовый элемент и связывается с ним плоскость симметрии комплекса необрабатываемых поверхностей, затем эта процедура повторяется для комплекса обрабатываемых поверхностей.

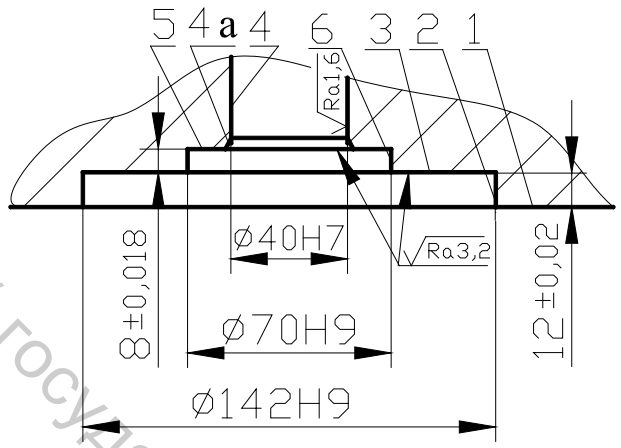
Если на чертеже детали имеются элементы, для которых установлены допуски симметричности или соосности (как правило, комплекс обрабатываемых поверхностей), то неуказанные допуски следует относить к той же базе, что указанные. За базовый элемент, к которому относится неуказанный допуск симметричности, нужно принимать плоскость (ось) симметрии элемента имеющего большую длину в плоскости параллельной плоскости симметрии, при одинаковых длинах – плоскость (ось) элемента с допуском размера по более точному квалитету в направлении перпендикулярном плоскости симметрии, а при одинаковых длинах и квалитетах – элемента с большим размером в направлении, перпендикулярном плоскости симметрии. Если и размеры

Витебский государственный технологический университет

одинаковы, то по технологическим соображениям предпочтение следует отдавать поверхности вращения.

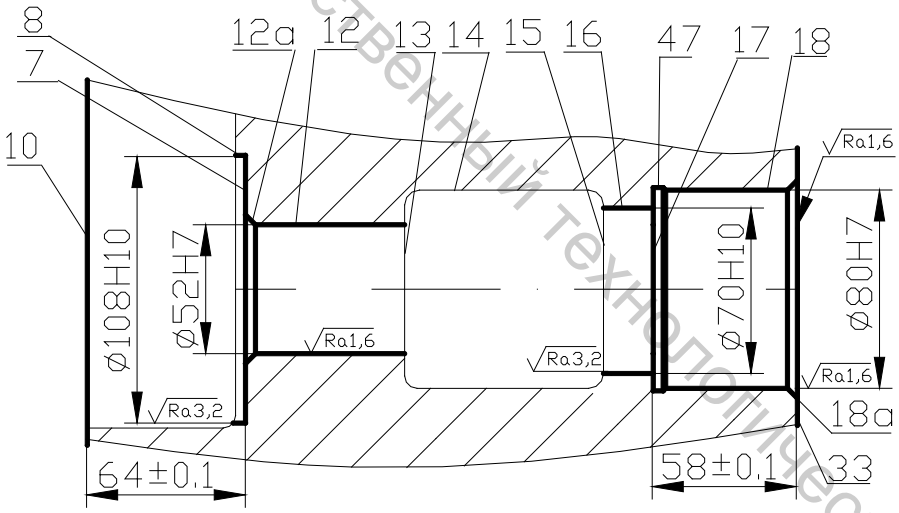
Таблица 1.2 – Таблица функциональных модулей

Отбросить поверхности 7,6,9,10 из ОВБ6



Соответствие	
1	1
2	2
3	11
4	5
4а	4
5	8
6	3

Отбросить поверхности 3,12,17,18 из ОВБ1



Соответствие	
10	8
7	16
8	15
12	10
12а	7
13	12
14	3
15	13
16	1
47	4
17	14
18	2
18а	6
33	9

…

В том случае, если имеются соосные поверхности, а допуск соосности для них не задан, то за базовый элемент принимается ось поверхности, имеющей наибольшую длину, при одинаковых длинах – ось поверхности с допуском диаметра по более точному квалитету, а при одинаковых длинах и квалитетах – ось поверхности с большим диаметром.

Так, для детали, представленной на рисунке 1.3 за базовый элемент комплекса необрабатываемых поверхностей принимается поверхность 24, а комплекса обрабатываемых – поверхность 12.

Витебский государственный технологический университет

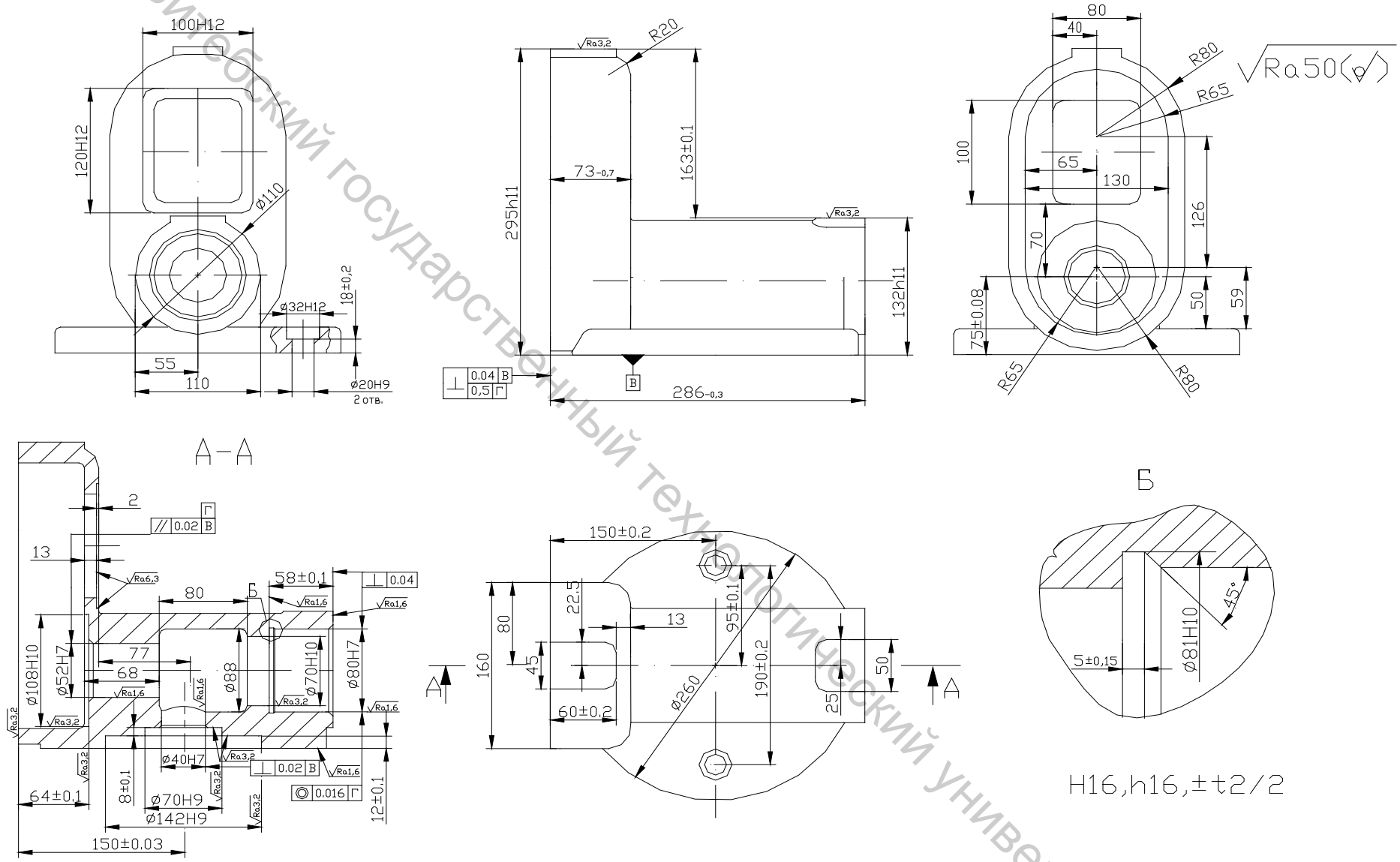


Рисунок 1.1 – Исходный эскиз детали (согласно заданию)

Витебский государственный технологический университет

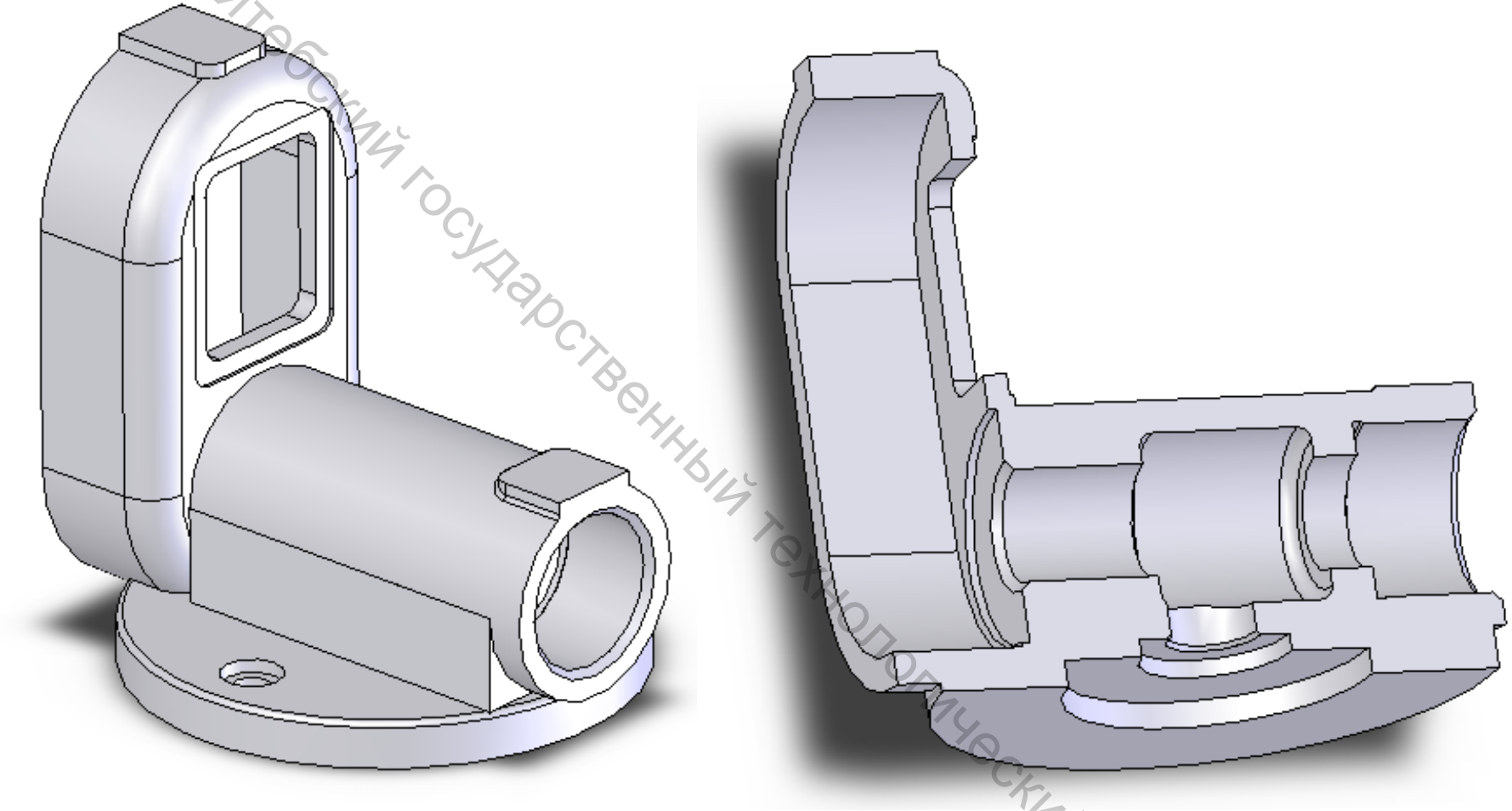


Рисунок 1.2 – 3-D модель детали

Витебский государственный технологический университет

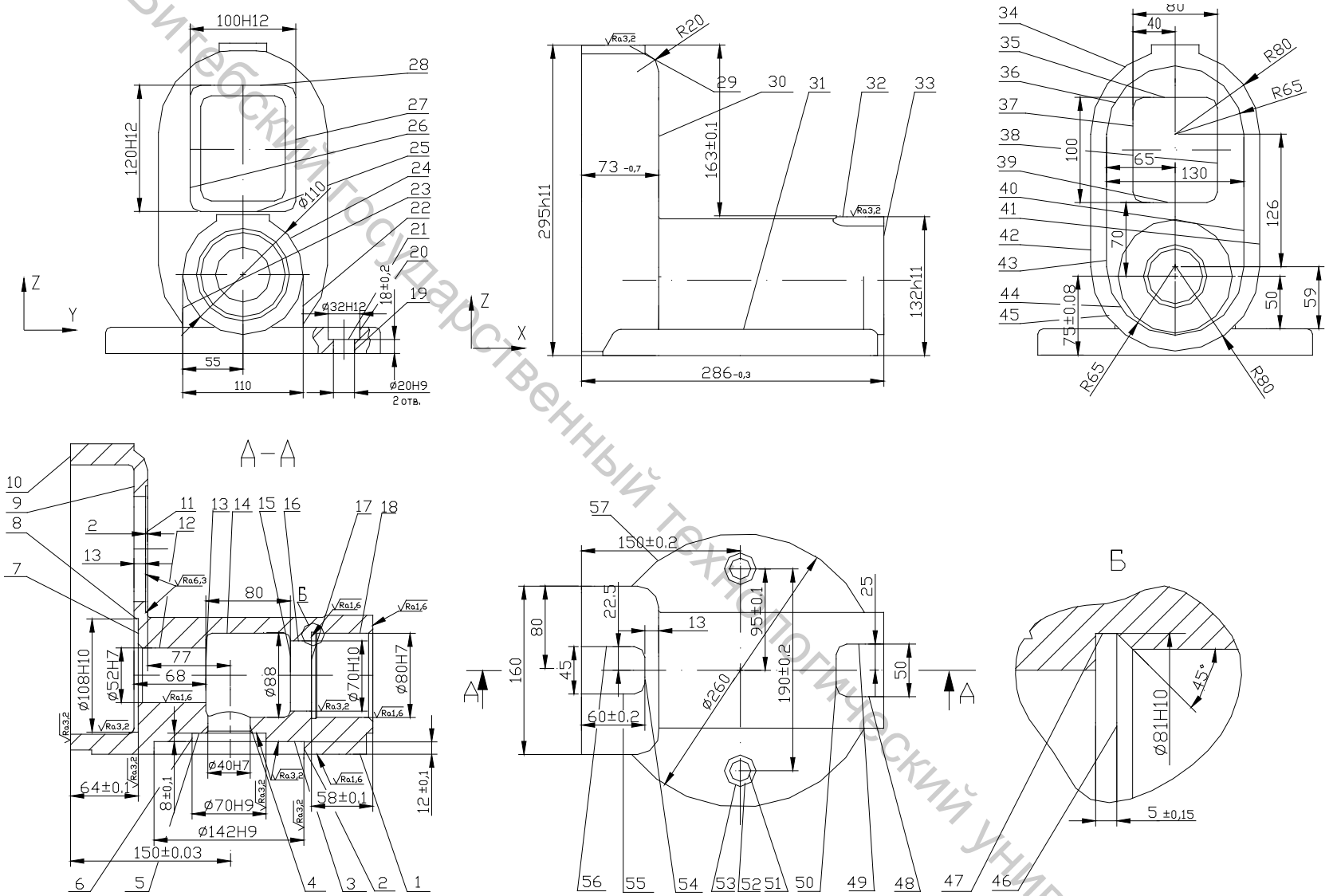


Рисунок 1.3 – Эскиз детали с нумерацией поверхностей и обозначением осей

Витебский государственный технологический университет

После того, как найдены базовые элементы симметричности комплексов необрабатываемых и обрабатываемых поверхностей, необходимо связать эти поверхности ребром графа и отыскать численное значение допуска симметричности (соосности) согласно ГОСТ25069-81 по таблицам в зависимости от номинального размера и определяющего допуска размера (приложение Г). Под номинальным размером понимается больший из размеров рассматриваемого или базового симметричного элемента (больший из диаметров рассматриваемого или базового элементов). Под номинальным допуском размера понимается допуск размера рассматриваемого или базового симметричного элемента по более грубому квалитету (допуск диаметра рассматриваемого или базового элемента по более грубому квалитету). В том случае если базовыми поверхностями комплекса обработанных и необработанных поверхностей являются оси поверхностей вращения, то численное значение допуска предлагается принимать по более жесткому значению либо допуска соосности, либо симметричности. В рассматриваемом примере номинальный размер Ø 110, определяющий допуск размера IT16. По таблице Г.1 приложения Г неуказанный допуск между комплексом обработанных и необработанных поверхностей равен 0,6.

Если размеры на чертеже проставлены правильно, то граф размерных связей отвечает следующим требованиям:

1) на графе нет оторванных групп вершин (если они есть, то это значит, что не хватает размеров или технических требований);

2) на графе нет замкнутых контуров (если они есть, то это значит, что проставлены лишние размеры);

3) группы исходных и обработанных поверхностей имеют только одну общую дугу.

Графы размерных связей для рассматриваемой детали (рисунок 1.4), построенные в соответствии с проставленными размерами, наглядно показывают, что в простановке размеров имеются ошибки. Во-первых, не выполняется требование по оторванным вершинам: вершины 28,25 по оси Z, 50 по оси X, 27,26 по Y являются оторванными от графов. Во-вторых, между исходными и обработанными поверхностями существует несколько связей по оси X. В-третьих, по этим же осям имеются замкнутые контуры.

Один из вариантов исправления графа размерных связей показан на рисунке 1.5. На рисунке 1.6 показан эскиз детали с простановкой размеров соответственно исправленному графу.

1.1.3 Проверка правильности задания допусков взаимного расположения

Под ***конструкторской базой*** будем понимать элемент геометрической (графической) модели детали (или сочетание элементов), опреде-

Витебский государственный технологический университет

ляющий одну из плоскостей или осей системы координат (как правило, декартовой), по отношению к которой задается ориентация другого (*рассматриваемого*) элемента. Пример указания конструкторских баз

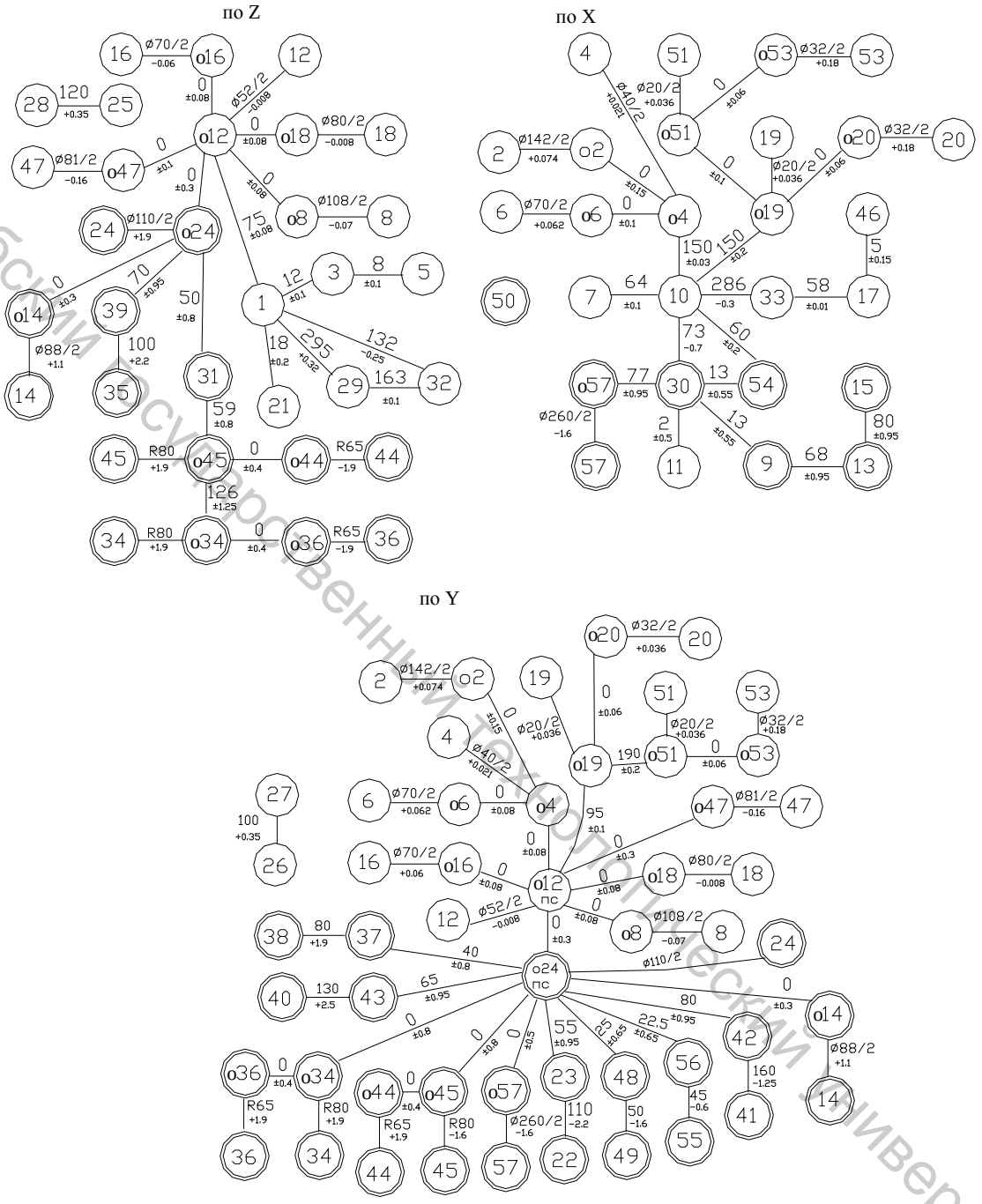


Рисунок 1.4 – Графы размерных связей детали, представленной на рис. 1.3

показан на рисунке 1.7. Ориентация *рассматриваемого элемента* на чертежах указывается допусками взаимного расположения (или задается по умолчанию согласно ГОСТ 25069-81) и расстояниями (размерами) до нескольких конструкторских баз, которые будем называть ***комплек-***

Витебский государственный технологический университет

том конструкторских баз ориентации. Так, например, ориентация оси отверстия Ø $20^{+0.1}$ задана по отношению к двум комплектам конструкторских баз ориентации:

1) с помощью допуска перпендикулярности по отношению к базе А и с помощью линейных размеров 50±0,1 по отношению к оси отверстия Ø$18^{+0.1}$ и линейного размера 30±0,2 по отношению к плоскости Е (комплект баз ориентации – две взаимноперпендикулярные плоскости (А и Е) и ось отверстия Ø$18^{+0.1}$);

2) с помощью допуска перпендикулярности по отношению к базе А и с помощью линейных размеров 70±0,15 по отношению к плоскости Б и линейного размера 30±0,2 по отношению к плоскости Е. (комплект баз ориентации – три взамноперпендикулярные плоскости (А, Б и Е)).

Основными видами расположения элементов при конструировании деталей являются: *параллельность*, *перпендикулярность*, *угол*, *соосность*, *симметрия*. Причем два последних вида являются производными от параллельности.

Различные *сочетания осей или плоскостей в базовой системе координат* и определяют ***комплекты (конструкторских и технологических) баз ориентации*** конструктивных элементов. В случае использования декартовой системы отсчета в подавляющем большинстве случаев используется четыре варианта ***комплектов баз ориентации*** конструктивных элементов (см. таблицу 1.3):

а) три взаимно перпендикулярные плоскости, среди которых может быть плоскость симметрии (таблица 1.3 поз. 1);

б) плоскость и две оси, перпендикулярные к ней (таблица 1.3 поз. 3);

в) две взаимно перпендикулярные плоскости и ось, которая перпендикулярна к одной из них (в частном случае ось может лежать в плоскости, которая в общем случае параллельна оси) (таблица 1.3 поз. 2);

г) плоскость и две оси, одна из которых перпендикулярна, а другая параллельна этой плоскости (в частном случае она может лежать в этой плоскости) (таблица 1.3 поз. 4);

д) три взаимно перпендикулярных оси.

В частных случаях вариантов 2 и 4 оси могут лежать в плоскостях, которым они параллельны. В варианте 1 одна из плоскостей может быть плоскостью симметрии. Плоскость и оси симметрии согласно ГОСТ 21495-77 называются *скрытыми технологическими базами*, остальные базы комплекта – *явными технологическими базами*. Реальные базы бывают только явными.

Относительное угловое положение *оси* осесимметричного функционального модуля (поверхности вращения) на чертеже детали должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей.

Витебский государственный технологический университет

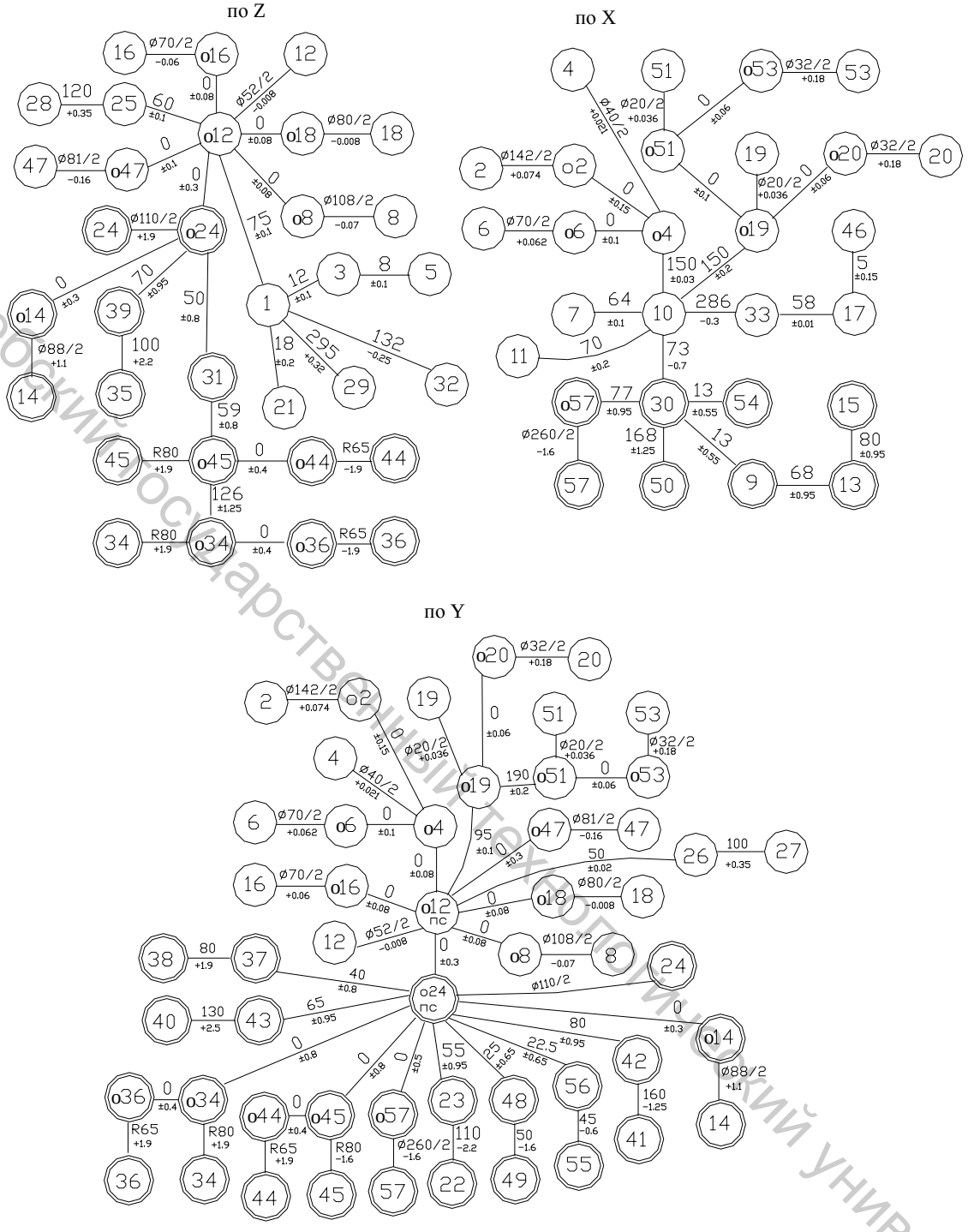


Рисунок 1.5 – Исправленный граф размерных связей

Так, *ось может быть: перпендикулярна только к одной плоскости, или параллельна двум пересекающимся плоскостям, или параллельна к одной плоскости и составлять некоторый угол с плоскостью, которая перпендикулярна первой.*

На рисунке 1.8 приведен пример некорректного задания точности расположения оси отверстия.

Витебский государственный технологический университет

Витебский государственный технологический университет

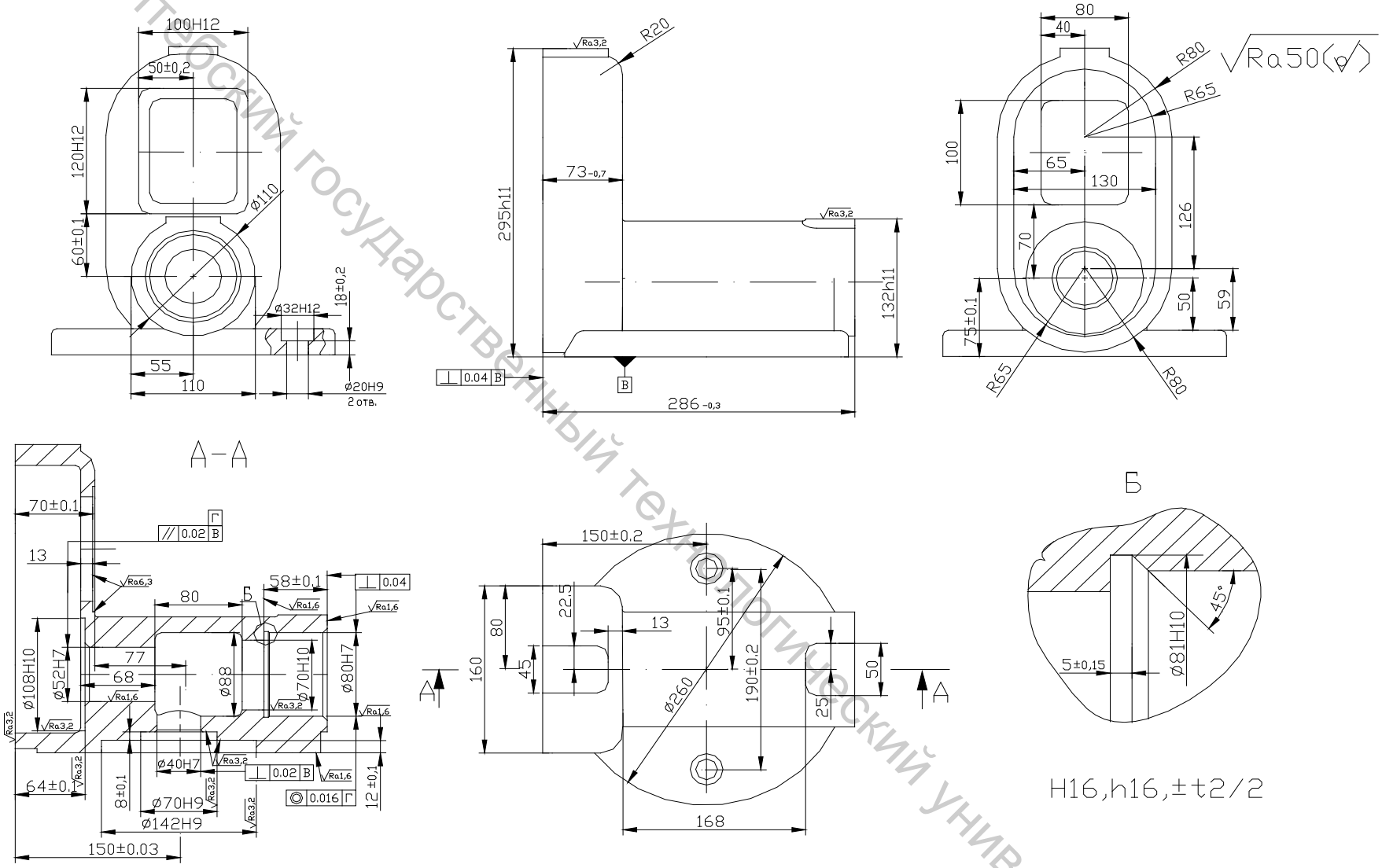


Рисунок 1.6 – Эскиз детали после исправления

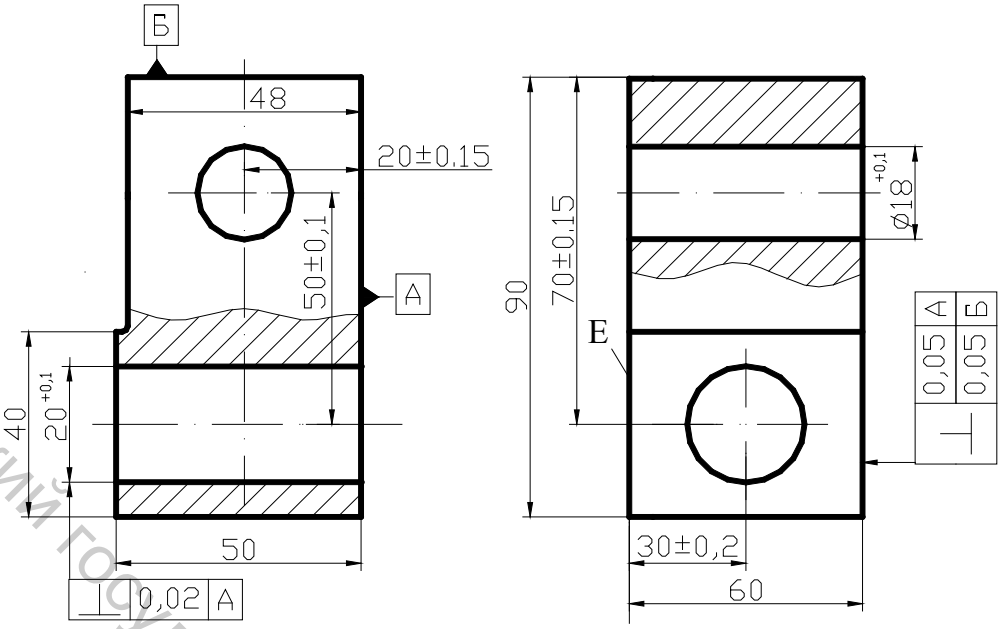
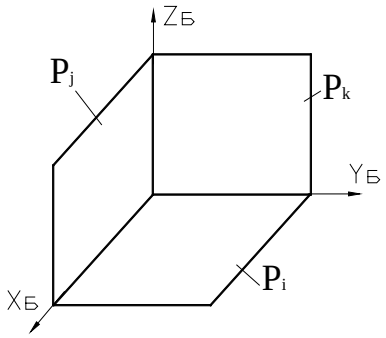
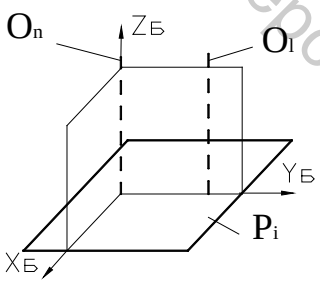


Рисунок 1.7 – Эскиз детали

Допуск параллельности оси к базе Б, указанный на чертеже детали избыточен, так как допуск перпендикулярности относительно базы А однозначно задает относительное положение оси. Поле допуска параллельности будет дублировать поле допуска перпендикулярности (рисунок 1.9).

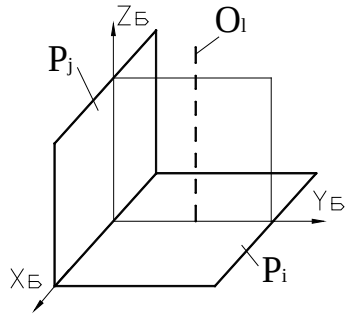
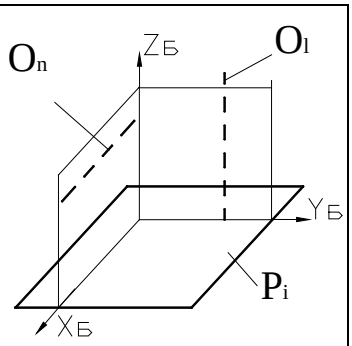
Относительное угловое положение плоского функционального модуля (*плоскости)* на чертеже детали также должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей. Так, плоскость может быть: *перпендикулярна к двум пересекающимся плоскостям или к оси, или перпендикулярна к одной плоскости и составлять некоторый угол с другой, которая перпендикулярна к первой.*

Таблица 1.3 – Варианты комплектов баз ориентации конструктивных элементов

Обозначение	Комплект баз и структурная формула	Обозначение	Комплект баз и структурная формула
Комплект баз ориентации № 1	 $P_i \perp P_j \perp P_k$	Комплект баз ориентации № 3	 $(O_l \perp P_i) \wedge (O_n \perp P_i)$

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 1.3

Комплект баз ориентации № 2		Комплект баз ориентации № 4	
$P_i \perp P_j$ $((O_l \,//\, P_i) \wedge (O_l \perp P_j)) \vee$ $((O_l \,//\, P_j) \wedge (O_l \perp P_i))$			$((O_l \perp P_i) \wedge (O_n \,//\, P_i)) \vee$ $((O_n \perp P_i) \wedge (O_l \,//\, P_i))$

Таким образом, можно определить варианты однозначного задания ориентации элементов конструкции относительно того или иного комплекта баз ориентации. Проведенный анализ показывает, что в большинстве случаев используется 62 варианта задания ориентации обрабатываемой оси или плоскости конструктивного элемента относительно того или иного комплекта баз ориентации.

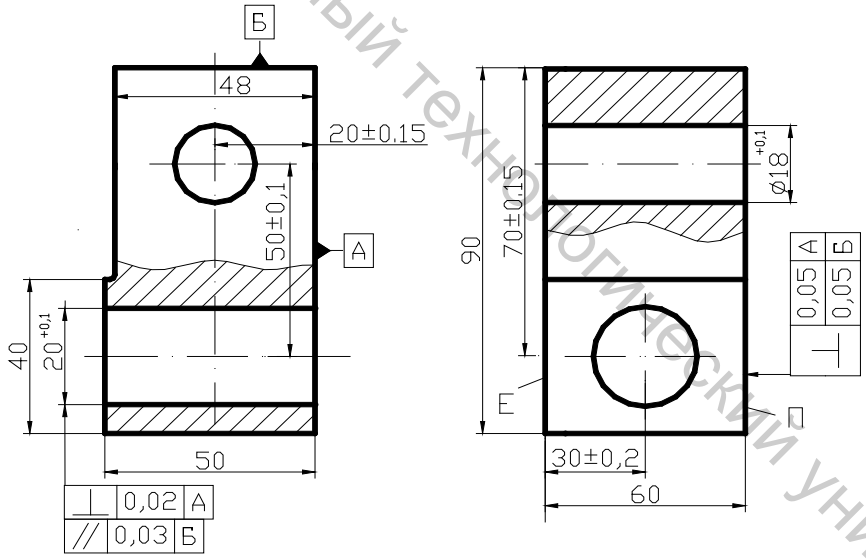


Рисунок 1.8 – Иллюстрация некорректного задания допуска взаимного расположения

Если технологическими базами являются три плоскости (комплект баз № 1 таблицы 1.3), то расположение оси осесимметричного конструктивного элемента (обрабатываемой поверхности) может задаваться допуском либо:

1) перпендикулярности к одной из плоскостей комплекта баз ориентации (О10) (рисунок 1.10);

Витебский государственный технологический университет

2) параллельности относительно двух плоскостей комплекта баз (О11) (рисунок 1.10);

3) параллельности относительно одной плоскости и углового расположения относительно другой плоскости комплекта баз (О12) (рисунок 1.10);

4) углового расположения относительно двух плоскостей комплекта баз (О13) (рисунок 1.10) и соответствующими двумя координатами точки на оси (линейными размерами).

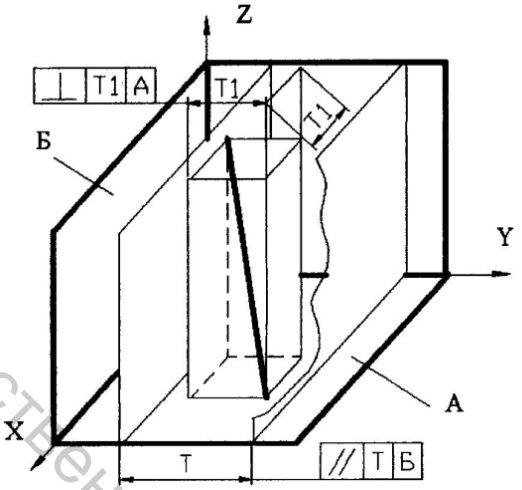


Рисунок 1.9 – Схема распределения полей допусков перпендикулярности и параллельности относительно баз А и Б

Если технологическими базами являются две плоскости и ось, перпендикулярная к одной из них (комплект баз № 2 таблицы 1.3), то расположение оси обрабатываемой поверхности может задаваться допуском либо:

5) перпендикулярности к плоскости комплекта, перпендикулярной оси (О20);

6) перпендикулярности к плоскости комплекта баз, параллельной оси комплекта (О21);

7) параллельности относительно оси комплекта баз (О22);

8) перпендикулярности к оси комплекта баз и параллельности к плоскости комплекта, параллельной оси (О23);

9) параллельности относительно плоскостей комплекта (О24);

10) параллельности относительно плоскости комплекта, параллельной оси и углового расположения относительно другой плоскости комплекта (О25);

11) углового расположения относительно двух плоскостей комплекта (О26);

12) параллельности относительно плоскости комплекта, параллельной оси и углового расположения относительно оси комплекта (О27);

Витебский государственный технологический университет

13) углового расположения относительно плоскости комплекта, параллельной оси и углового расположения относительно оси (О28);

14) параллельности относительно плоскости комплекта, перпендикулярной оси комплекта баз и углового расположения относительно другой плоскости комплекта (О29) и соответствующими двумя координатами точки на оси (линейными размерами).

Если технологическими базами являются две параллельные оси и плоскость перпендикулярная к ним (комплект баз № 3 таблицы 1.3), то расположение оси обрабатываемой поверхности может задаваться допуском либо:

15) перпендикулярности к плоскости комплекта баз (О30);

16) параллельности относительно оси (О31);

17) перпендикулярности к плоскости комплекта, проходящей через оси (О32);

18) параллельности относительно плоскости комплекта, проходящей через оси, и параллельности к плоскости комплекта (О33);

19) параллельности относительно плоскости комплекта, проходящей через оси, и углового расположения оси к плоскости комплекта (О34);

20) углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси, и углового расположения к плоскости комплекта (О35);

21) параллельности к плоскости комплекта, проходящей через оси, и углового расположения оси к оси комплекта баз (О36);

22) углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси, и параллельности к плоскости комплекта (О37);

23) углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси, и углового расположения к оси комплекта (О38) и соответствующими двумя координатами точки на оси (линейными размерами).

Если технологическими базами являются две пересекающиеся под прямым углом оси и плоскость перпендикулярная к одной из них (комплект баз № 4 таблицы 1.3), то расположение оси обрабатываемой поверхности может задаваться допуском либо:

24) перпендикулярности плоскости комплекта баз (О40);

25) перпендикулярности к оси комплекта, параллельной плоскости и параллельности плоскости комплекта (О41);

26) параллельности к оси комплекта баз, параллельной плоскости (О42);

27) параллельности к оси комплекта, перпендикулярной плоскости (О43);

28) перпендикулярности к оси комплекта, параллельной плоскости и перпендикулярности к оси комплекта перпендикулярной плоскости (О44);

29) углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости и параллельности плоскости комплекта баз (О45);

Витебский государственный технологический университет

30) углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости и углового расположения к плоскости комплекта (О46);

31) углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости и углового расположения к оси комплекта перпендикулярной плоскости (О47) и соответствующими двумя координатами точки на оси (линейными размерами).

Если технологическими базами являются три плоскости (комплект баз № 1 таблицы 1.3), то расположение обрабатываемого плоского конструктивного элемента может задаваться допуском либо:

1) перпендикулярности к двум плоскостям комплекта баз (П10) (рисунок 1.11);

2) параллельности к одной плоскости комплекта баз (П11) (рисунок 1.11);

3) перпендикулярности к одной плоскости комплекта и углового расположения относительно другой (П12) (рисунок 1.11);

4) углового расположения относительно двух плоскостей комплекта баз (П13) и соответствующей координатой точки на плоскости (линейным размером).

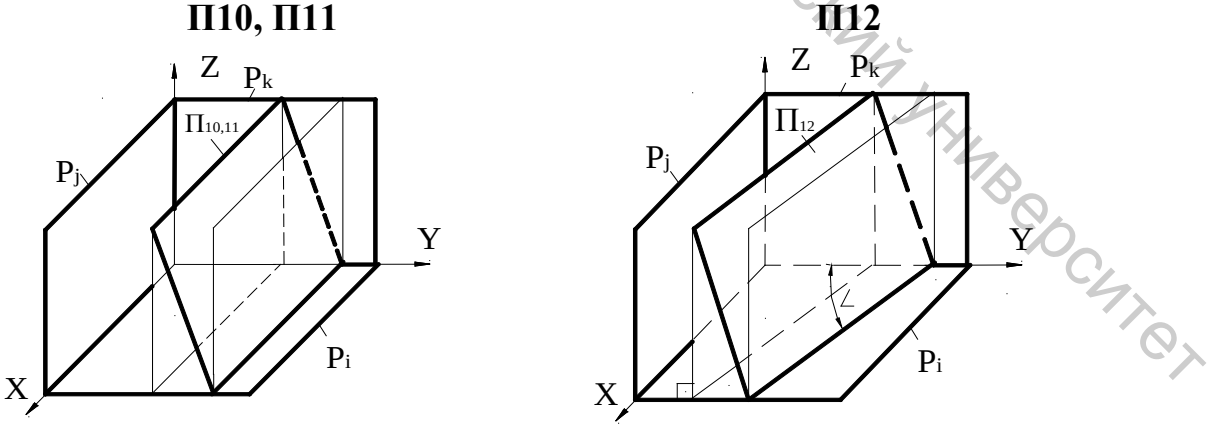
Если технологическими базами являются две плоскости и ось, перпендикулярная к одной из них (комплект баз № 2 таблицы 1.3), то расположение обрабатываемой плоской поверхности может задаваться допуском либо:

5) перпендикулярности к двум плоскостям комплекта баз (П20);

6) параллельности к плоскости комплекта баз, параллельной оси (П21);

7) параллельности к плоскости комплекта баз, перпендикулярной оси (П22);

8) перпендикулярности рассматриваемой плоскости к оси комплекта баз (П23);



$П_{10} \perp P_i \wedge P_j \quad П_{11} // P_i$ $\qquad$ $П_{12} \perp P_i \wedge П_{12} \angle P_{k,j}$

Рисунок 1.11 – Обозначения некоторых вариантов задания ориентации плоскости относительно первого комплекта баз

Витебский государственный технологический университет

9) параллельности к оси комплекта и перпендикулярности плоскости комплекта, параллельной оси (П24);

10) углового расположения относительно плоскости комплекта, перпендикулярной оси и перпендикулярности плоскости к плоскости комплекта параллельной оси (П25);

11) углового расположения относительно плоскости комплекта, параллельной оси и перпендикулярности плоскости к плоскости комплекта, перпендикулярной оси (П26);

12) углового расположения относительно оси комплекта и перпендикулярности плоскости к плоскости комплекта, параллельной оси (П27);

13) углового расположения относительно оси комплекта и углового расположения к плоскости комплекта, параллельной оси (П28);

14) углового расположения относительно двух плоскостей комплекта (П29) и соответствующей координатой точки на плоскости (линейным размером).

Если технологическими базами являются две параллельные оси и плоскость перпендикулярная к ним (комплект баз № 3 таблицы 1.3), то расположение обрабатываемой плоской поверхности может задаваться допуском либо:

15) перпендикулярности к двум плоскостям комплекта (П30);

16) параллельности к плоскости комплекта, проходящей через оси (П31);

17) параллельности к плоскости комплекта (П32);

18) перпендикулярности оси комплекта (П33);

19) перпендикулярности к плоскости комплекта и углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси (П34);

20) углового расположения к плоскости комплекта и перпендикулярности к плоскости комплекта, проходящей через оси (П35);

21) углового расположения к плоскости комплекта, углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси (П36);

22) углового расположения к оси комплекта и углового расположения к плоскости комплекта, проходящей через оси (П37) и соответствующей координатой точки на плоскости (линейным размером).

Если технологическими базами являются две пересекающиеся под прямым углом оси и плоскость перпендикулярная к одной из них (комплект баз № 4 таблицы 1.3), то расположение обрабатываемой плоской поверхности может задаваться допуском либо:

23) перпендикулярности к оси комплекта перпендикулярной плоскости комплекта баз (П40);

24) перпендикулярности к оси комплекта баз, параллельной плоскости комплекта (П41);

25) перпендикулярности к плоскости комплекта баз и параллельности к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П42);

Витебский государственный технологический университет

26) перпендикулярности к плоскости комплекта и углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П43);

27) углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта, и параллельности к оси комплекта, перпендикулярной плоскости комплекта (П44);

28) углового расположения к плоскости комплекта и параллельности к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П45);

29) углового расположения к оси комплекта, перпендикулярной плоскости комплекта, и параллельности к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П46);

30) углового расположения к плоскости комплекта и углового расположения к оси комплекта, параллельной плоскости комплекта (П47);

31) углового расположения к оси комплекта, перпендикулярной плоскости комплекта, и углового расположения к оси комплекта параллельной плоскости комплекта (П48) и соответствующей координатой точки на плоскости (линейным размером).

Варианты однозначного задания оси или плоскости можно представить в виде схемы (рисунок 1.12). Модель позволяет осуществлять оценку корректности задания допусков взаимного расположения и служит основой проектирования схемы базирования.

На чертеже детали часто не указываются допуски перпендикулярности, параллельности, соосности, пересечения осей и симметричности. Но базовые элементы и показатели точности расположения заданы «по умолчанию». Их можно определить по ГОСТ 25069-81 (приложение Г) на неуказанные допуски взаимного расположения в зависимости от номинального размера и размера, координирующего расположение, а также от квалитета точности размеров.

На рисунке 1.1 задан допуск перпендикулярности плоскости к базе Г и перпендикулярность этой плоскости к базе В. Это некорректно. Должен быть задан либо допуск перпендикулярности плоскости относительно оси (базы Г), либо два допуска перпендикулярности относительно плоскостей (база В и еще одна плоскость) (см. позиции П10, П20, П23).

Принятие решения должно осуществляться совместно с конструктором исходя из служебного назначения детали и проведенных расчетов относительных поворотов поверхностей узла в сборе. Учитывая то, что допуск перпендикулярности относительно базы В жестче, примем его за основу, допуск перпендикулярности относительно другой плоскости будет задан по умолчанию (см. рисунок 1.6).

Витебский государственный технологический университет

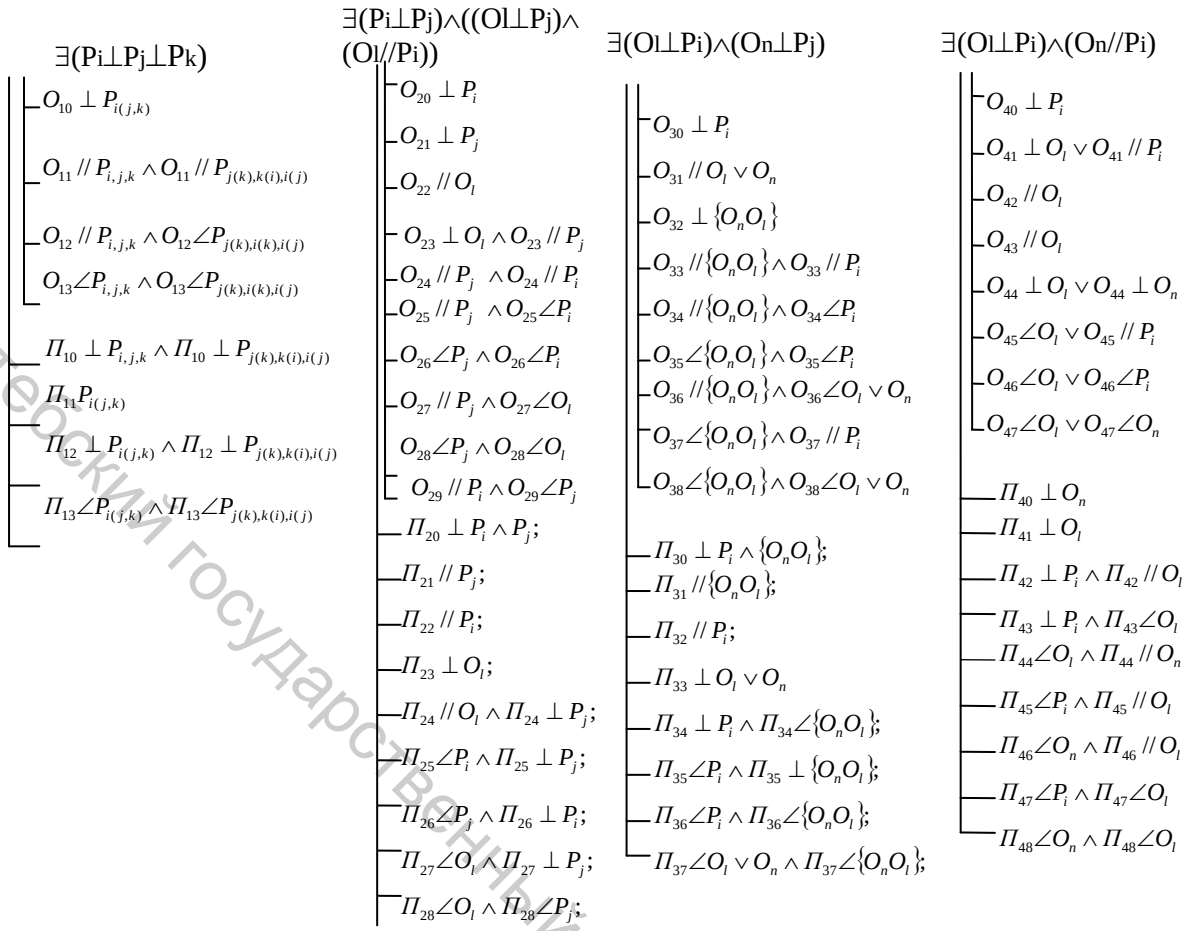


Рисунок 1.12 – Схема вариантов корректного задания допусков взаимного расположения относительно комплектов баз

1.1.4 Анализ технологичности

Определение технологичности детали, сборочной единицы и машины регламентируются с помощью ГОСТ14.205-83. Показатели производственной технологичности конструкции детали при технологической подготовке производства можно представить в виде диаграммы (рисунок 1.13). Так как заданием на курсовое проектирование являются преимущественно детали типа корпус, кронштейн и подобных им, то на ней отражены качественные показатели, относящиеся к отливке.

К основным количественным показателям технологичности относятся:

1) трудоемкость изготовления детали T_i (нормо-час, мин);

2) технологическая себестоимость C_i (руб).

К дополнительным количественным показателям относятся:

1) коэффициент унификации конструктивных элементов $K_{y.э.}$:

Витебский государственный технологический университет

$$K_{у.э.} = \frac{Q_{у.р.}}{Q_р}, \quad (1.1)$$

где $Q_{у.э.}$ и $Q_р$ – соответственно число унифицированных ФМ и общее число ФМ детали, шт.;

2) коэффициент применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей $K_{ф.s.}$:

$$K_{ф.s.} = \frac{D_{о.с.}}{D_{р.о.}}, \quad (1.2)$$

где $D_{о.с.}$ и $D_{р.о.}$ – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех подвергаемых механической обработке поверхностей, шт.;

3) коэффициент обработки поверхностей $K_{р.о.}$:

$$K_{р.о.} = \frac{D_{р.о.}}{D_р}, \quad (1.3)$$

где $D_р$ – общее число поверхностей детали, шт.;

4) коэффициент использования материала $K_{и.м.}$:

$$K_{и.м.} = \frac{M_{дет}}{M_{заг}}, \quad (1.4)$$

где $M_{дет}$ и $M_{заг}$ – соответственно масса детали и заготовки, кг.;

5) максимальное значение квалитета точности обработки IT;

6) максимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей Ra;

7) коэффициент применения типовых технологических процессов при изготовлении данной детали (процессы получения заготовки, механической, термической и другой обработки) $K_{т.п.}$:

$$K_{т.п.} = \frac{Q_{т.п.}}{Q_п}, \quad (1.5)$$

где $Q_{т.п.}$ и $Q_п$ – соответственно число типовых и общее число технологических процессов для изготовления детали, шт.;

Витебский государственный технологический университет



Рисунок 1.13 – Диаграмма показателей производственной технологичности конструкции детали

Витебский государственный технологический университет

8) коэффициент применения прогрессивных видов оснастки при изготовлении данной детали $K_{y.z.}$

$$K_{y.z.} = \sum_{i=1}^{m1} N_{yzi} \Big/ \left(\sum_{i=1}^{m1} N_{yzi} + \sum_{i=1}^{m2} N_y S_j \right), \qquad (1.6)$$

где m_1 и m_2 – число видов соответственно унифицированной и специальной оснастки; N_{yzi} – количество типоразмеров унифицированной оснастки *i*-го вида; $N_y S_j$ – количество типоразмеров специальной оснастки j-го вида, шт.

Такие показатели как T_i C_i $K_{ф.s.}$ $K_{и.м.}$ $K_{y.z.}$ нельзя оценить на предварительном этапе проектирования. Их расчет можно произвести перед завершающим этапом. Поэтому анализ технологичности детали осуществляется на протяжении всего курсового проектирования. Ввиду отсутствия достоверных данных по ценам, также данных по техпроцессам-аналогам, показатели себестоимости и трудоемкости в ходе дипломного проектирования не оцениваются.

Для оценки технологичности детали по качественным показателям необходимо проанализировать конструкцию детали по ряду приведенных ниже критериев. При этом в качестве помощи рекомендуется использовать приложение Д.

Для оценки формы детали (код показателя, согласно диаграмме – 211) необходимо оценить:

1) надлежащую жесткость детали и удобство ее установки на станке для обработки (код по приложению Д – 21101, рисунок 1.14);

2) возможность расчленения труднообрабатываемой детали сложной конфигурации на ряд простых по конфигурации деталей, соединяемых сваркой, запрессовкой и другими способами;

3) возможность переноса отдельных трудноизготавливаемых конструктивных элементов детали и их функций на сопряженные детали;

4) возможность одновременной обработки нескольких деталей;

5) наличие четкого разграничения обрабатываемых поверхностей от необрабатываемых;

6) наличие четкого разграничения поверхностей, обрабатываемых на различных операциях;

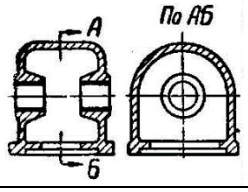
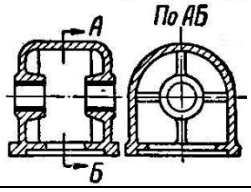
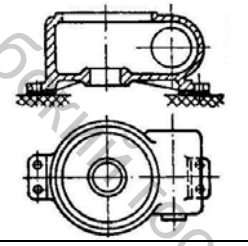
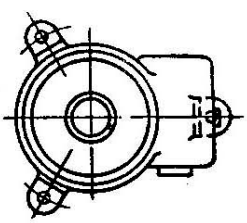
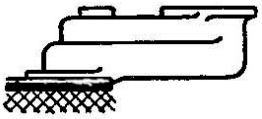
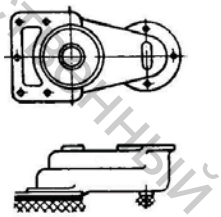
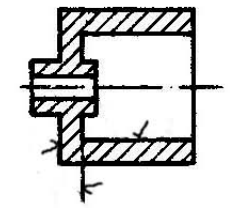
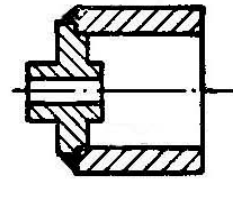
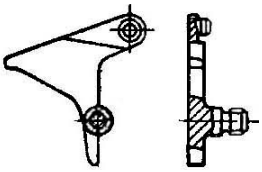
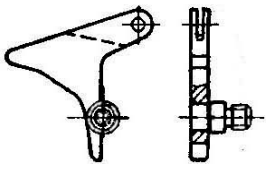
7) возможность обработки напроход;

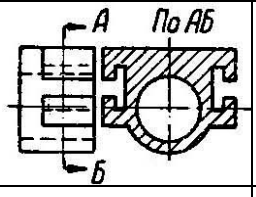
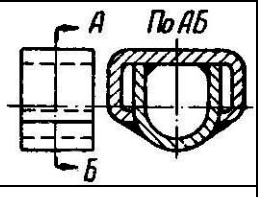
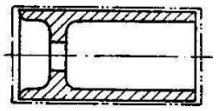
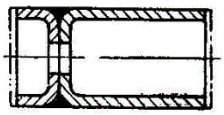
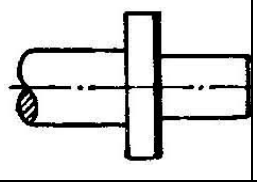
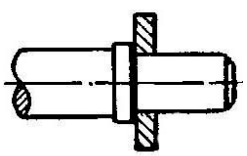
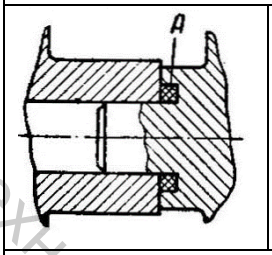
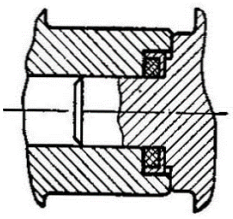
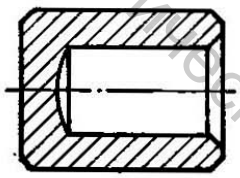
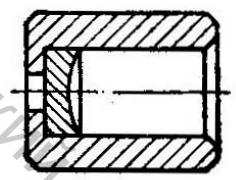
8) доступность ко всем элементам детали для обработки и измерения;

9) удобство врезания и выхода режущего инструмента;

10) равномерность и безударность съема материала на обрабатываемых поверхностях;

Витебский государственный технологический университет

21101	
Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Деформация литого корпуса при обработке на высоких режимах резания исключается благодаря введению ребер жесткости	
	
Добавление третьей опоры обеспечивает надежную установку и крепление детали и позволяет применять высокие режимы обработки	
	
Введение технологической базы (прилива) устраняет вибрацию детали при обработке и позволяет применять высокие режимы резания	
21102	
	
Применение сварной конструкции, состоящей из трубы и точеной втулки, позволяет значительно сократить трудоемкость изготовления детали	
	
Обработка рычага значительно упростилась после замены короткого пальца пазом (благодаря незначительному изменению конструкции сопряженной детали) и длинного пальца – приварным	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
	
Расчленение деталей на простые элементы дает возможность применить более технологичные штампо-сварные конструкции	
	
Уменьшение размеров буртиков может быть компенсировано введением упорных шайб	
21103	
	
Перенесение сальника в сопряженную деталь позволяет устранить трудноизготавливаемую торцовую канавку А	
	
Сплошное дно сферической формы трудно выполнить из-за отсутствия выхода инструмента. Применение вставного дна исключает этот недостаток	
• • •	

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 1.14 – Элементы массива анализа технологичности

11) возможность упрощения формы механически обрабатываемых фасонных поверхностей (если такие имеются);

12) расположение обрабатываемых плоских поверхностей деталей на одном уровне, параллельно или перпендикулярно одна другой;

13) наличие круглых бобышек в деталях, не являющихся телами вращения;

14) наличие глухих глубоких отверстий;

15) наличие ступенчатых, резьбовых, фасонных и конических отверстий большого диаметра;

16) расположение соосных цилиндрических отверстий;

17) расположение отверстий с учетом удобства многошпиндельной обработки, а также обработки на агрегатных станках;

18) наличие фасонных отверстий;

19) технологичность резьб.

Если при оценке формы детали обнаруживаются источники повышения технологичности, то технолог должен предложить конструктору вариант повышения технологичности конструкции (см. приложение Д).

Оценка технологичности по кодам 212, 213 осуществляется на основании анализа проведенного в разделе 1.1.2.

Оценка технологичности отливки (штамповки, поковки и т. д.) по качественным показателям осуществляется после определения метода получения заготовки, а также выбора базы механической обработки на первой операции (позволяет предложить расположение отливки в литейной форме).

По показателю 222 оценивается:

1) возможность плоского разъема;

2) необходимость применения специальных модельных плит с врезными моделями.

По показателю 223 оценивается:

1) возможность беспрепятственного извлечения модели из формы;

2) возможность выполнения внешнего контура без стержней;

3) наличие наружных приливов под отверстия более 30 мм;

4) наличие нескольких близко расположенных бобышек или приливов;

5) оформление бобышек, приливов и фланцев;

6) наличие участков детали с двусторонней механической обработкой;

7) величины бобышек (таблица 1.4).

По показателю 224 оценивается:

1) равномерность толщин стенок;

2) наличие внутренних стенок (в случае наличия они должны быть на 20 % тоньше наружных);

Витебский государственный технологический университет

3) наименьшую толщину стенок (таблица 1.5) (При литье в кокиль чугуна 15 мм, алюминия 4 мм, при литье по выплавляемым моделям – 1,5–2 мм., литье в оболочковые формы – 3–4 мм).

По показателю 225 оценивается наличие горячих узлов.

Таблица 1.4 – Оценка размеров бобышек

Наибольший габаритный размер детали, мм	до 500	500-2000	св. 2000
Наименьшая высота обрабатываемой бобышки, мм	5	10	20

Таблица 1.5 – Наименьшая толщина стенок в отливках, получаемых литьем в песчано-глинистые формы, мм

Материал детали	Наибольший размер детали		
	до 500	до 1500	св. 1500
Чугун серый	6	10	15
Чугун ковкий	5	8	–
Сталь	7	12	20
Бронза	3	6	–

По показателю 226 оценивается:

1) наличие плавных переходов и галтелей;

2) разнообразие радиусов галтелей и закруглений;

3) конструирование сопряжений стенок.

По показателю 227 оценивается:

1) расположение ребер;

2) толщины ребер (толщина ребра внешнего контура не более 0,8 наименьшей толщины стенки к которой оно примыкает; внутреннего 0,5–0,6; высота ребра не должна превышать пятикратной толщины стенки);

3) оформление литых крестовин с ребрами (если есть);

4) наличие ребер, образующих трехгранные углы с основными стенками.

По показателю 228 оценивается:

1) необходимость выполнения отверстия в литье (таблица 1.6);

Таблица 1.6 – Минимальные диаметры литых отверстий для чугунных отливок

Серийность производства	Толщина стенок в мм.			
	<10	10-20	20-30	>30
индивидуальное и мелкосерийное	25	30	35	40
серийное	20	25	30	35
массовое	15	20	20	25

Витебский государственный технологический университет

2) необходимость выполнения уступов и выточек (уступы и выточки делаются литыми в песчано-глинистые формы при ширине и глубине их соответственно больше на 25 и 6 мм (на мелком и среднем литье));

3) необходимость выполнения выемок для выхода режущего инструмента;

4) наличие на внутренних полостях выходных отверстий (т. е. нужно ли использовать жеребейки).

По показателю 229 оценивается возможность такого размещения заготовки в литейной форме, чтобы поверхности, выбранные в качестве установочной или двойной направляющей баз на первой операции, не содержали формовочных уклонов.

Данные анализа технологичности по качественным показателям сводятся в таблицу оценки технологичности 1.7.

Таблица 1.7 – Оценка технологичности детали по качественным показателям

Код показателя	Оценка
21101	Деталь имеет достаточную жесткость. Ее удобно устанавливать на станке. Введение ребер жесткости, приливов и дополнительных опор не требуется
…	…

1.2 Методы контроля готовой детали

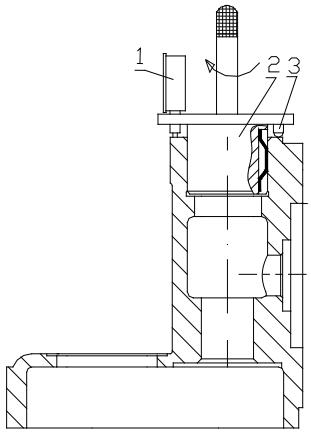
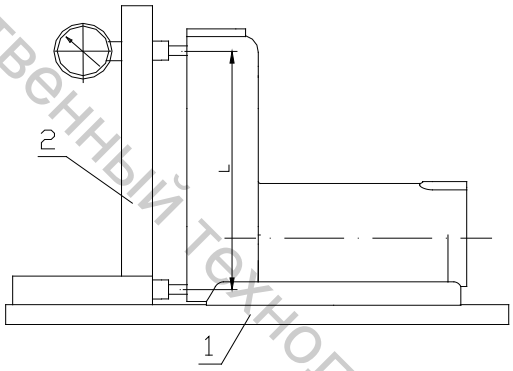
В зависимости от требуемой точности выбираются и описываются способы контроля размеров. Разрабатываются, изображаются на эскизе и описываются способы контроля расстояний от осей до плоскостей, между осями, соосности, параллельности и перпендикулярности. Способы контроля некоторых отклонений расположения приводятся в приложении Е. Методы контроля сводятся в таблицу схем контроля (см. таблицу 1.8)

1.3 Определение типа производства

Каждому типу производства соответствует определенная организационно-техническая характеристика. В технической литературе приводятся таблицы такого соответствия, составленные на основе обобщения опыта передовых машиностроительных предприятий. Содержание таблиц соответствия периодически пересматривается и дополняется. Содержание этих таблиц (например, табл. 5.9) используют для принятия следующих предварительных решений: о степени детализации проектирования ТП, о характере структур операций, о типаже оборудования и оснастки, о методах обеспечения точности и т. д.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.8 – Схемы контроля линейных размеров и допусков взаимного расположения

Контролируемый параметр	**Эскиз**	**Оснастка**
1	2	3
1) Перпендикулярность плоскости 33 относительно оси поверхности 18		1 – индикатор часового типа; 2 – оправка; 3 – упор
1	2	3
2) Перпендикулярность плоскости 10 относительно плоскости 1		1 – подставка; 2 – индикаторное приспособление
…	…	…

Согласно ГОСТ основной характеристикой типа производства является коэффициент закрепления операций, равной отношению всех различных технологических детале-операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца в каком-либо подразделении механического цеха, к числу рабочих мест. Коэффициент закрепления операций $K_{з.о}$ принимают: для массового производства $K_{з.о} = 1$; для крупносерийного производства $1 < K_{з.о} \le 10$; для серийного производства $10 < K_{з.о} \le 20$; для мелкосерийного производства $20 < K_{з.о} \le 40$.

В проектных условиях можно полагать, что $K_{з.о}$ определяет число операций такой же трудоемкости как и рассматриваемая, которые можно было бы закрепить за одним рабочим местом для его полной загрузки в течение месяца.

Тогда коэффициент закрепления операций определяется выражением

Витебский государственный технологический университет

$$K_{з.о} = t_{вып}/t_{ш} = 60 \cdot \Phi \cdot m_1 \cdot \eta /(N_г \cdot t_{ш}), \qquad (1.7)$$

где Φ – номинальный годовой фонд времени при односменной работе (Φ = 2070 час); m_1 – принятое число смен; η – коэффициент использования оборудования $\eta = 0{,}9...0{,}98$); $N_г$ – годовой выпуск деталей с учетом запасных частей; $t_{вып}$ – такт выпуска; $t_{ш}$ – штучное время (ориентировочное).

Для учебных целей целесообразно принять серийный тип производства.

Таблица 1.9 – Организационно-технические характеристики типов производства

Характеристики	Тип производства			
	массовое	крупносерийное	серийное	мелкосерийное
Проектирование техпроцессов по их детализации	операционное	операционное	маршрутно-операционное	маршрутное
Оборудование	специальное	специальное и специализированное	универсальное, станки с ЧПУ, специализированное	универсальное, станки с ЧПУ
Приспособления	специальные неразборные (НСП)	специальные неразборные, сборно-разборные (СРП), специализированные наладочные (СНП)		универсальнобезналадочные (УБП), универсально-сборные (УСП)
Структура операции	$П_{п}^{2}, И_{1}^{0}, И_{м}^{2}, Д_{к}^{2}, З_{2}^{пд}, З_{2}^{н}$	$П_{1}^{0}, П_{п}^{2}, И_{м}^{1}, И_{м}^{2}, Д_{к}^{1}, Д_{к}^{2}, Д_{1}^{0}, З_{1}^{пд}, З_{2}^{пд}$		$П_{1}^{0}, И_{1}^{0}, И_{м}^{1}, Д_{1}^{0}, З_{1}^{пд}$
Базирование	сопряжением	сопряжением	выверкой, сопряжением	выверкой, по разметке
Размерная настройка	на партию заготовок с ручной или автоматической коррекцией		на партию с ручной коррекцией	Индивидуальная, пробных стружек

Витебский государственный технологический университет

1.4 Изготовление заготовки

1.4.1 Определение метода и способа получения заготовки

Сначала в зависимости от материала и формы заготовки описываются возможные **методы** ее изготовления. Затем методом весовых коэффициентов (если заготовка будет получена литьем или штамповкой) выбирается два наиболее предпочтительных **способа.**

Методы изготовления заготовок деталей машин определяются технологическими свойствами их материала, формой, габаритами и объемом (типом) производства. В действующем производстве учитываются возможности заготовительных цехов (наличие соответствующего оборудования) и плановые сроки подготовки производства (проектирование и изготовление технологической оснастки). Крометого принимаются во внимание прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения, которые рекомендуют (в случае целесообразности) переносить большую часть процесса формообразования детали на заготовительную стадию и, тем самым, снизить расход материала и долю затрат на механическую обработку. В большинстве случаев производительность заготовительных процессов на порядок выше процессов механической обработки.

По мере усложнения конфигурации заготовки (т.е. приближения ее формы к форме детали) и повышения ее точности усложняется и удорожается технологическая оснастка заготовительного цеха и соответственно возрастает себестоимость заготовки. Но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки. Заготовки простой конфигурации (с напусками) дешевле, так как не требуют при изготовлении сложной и дорогой технологической оснастки. Однако такие заготовки требуют последующей трудоемкой обработки и повышенного расхода материала. Очевидно, что для каждого конкретного метода изготовления заготовки существует ее оптимальная точность и оптимальный объем выпуска.

Класс методов изготовления заготовки определяется конфигурацией детали и ее материалом. Всего в машиностроении используется пять классов способов изготовления заготовок: 1) отделение (отрезание, вырезание) из сортового проката (прутки, листы и т. д.); 2) обработка давлением; 3) литье; 4) порошковая металлургия; 5) комбинированные методы (штампосварные и листосварные заготовки), в которых сварка служит для соединения отдельных частей заготовки, предварительно изготовленных литьем, штамповкой или отделением из проката.

Для ***отделения заготовок*** от листового проката может использоваться один из следующих способов: 1) газовая (ацетиленокислородная, кислородно-флюсовая или плазменно-дуговая) резка из листового проката толщиной до 100…200 мм, которая обеспечивает точность при

Витебский государственный технологический университет

ручном вырезании ±(4...10) мм, а при машинном ±(1...2) мм; 2) резка на пресс-ножницах с прямыми и фасонными ножами, позволяющая с точностью ±(1... 6) мм отрезать заготовки из листового проката толщиной до 25 мм, а также из квадратного и круглого проката диаметром до 200 мм; 3) резка на гильотинных ножницах с точностью ±(0,25...3) мм из листов толщиной до 20 мм; 4) резка на дисковых ножницах с точностью ±(0,25...0.6) мм из листов толщиной до 20 мм.

Отрезание заготовок из круглого проката может осуществляться на механических или гидравлических прессах, на дисковых или ленточных пилах, на приводных ножовках, на фрезерно-отрезных, токарно-отрезных, абразивно-отрезных станках и установках. На токарно-отрезных станках выгодно отрезать заготовки из труб. Точность отрезания от ±00,3 до ±04 мм в зависимости от метода.

Отделение заготовок из круглого проката применяется в основном в мелкосерийном производстве или в тех случаях, когда разность в диаметрах ступеней детали мала (ходовые винты, рифцилиндры прядильных машин и т. д.).

Обработка заготовок давлением реализуется с помощью ковки, штамповки и специальных процессов. *Ковкой* получают заготовки относительно простой формы со значительными припусками. Для упрощения формы заготовки на ней часто оставляют напуски. Применение подкладных штампов позволяет получать заготовки относительно сложной формы и повышать их точность. Основные типы поковок показаны на рисунке 1.15. Свободная ковка применяется в основном в условиях мелкосерийного производства и для получения крупных поковок массой до 250 т. Квалитет точности таких заготовок от *IT* 19 до *IT* 20.

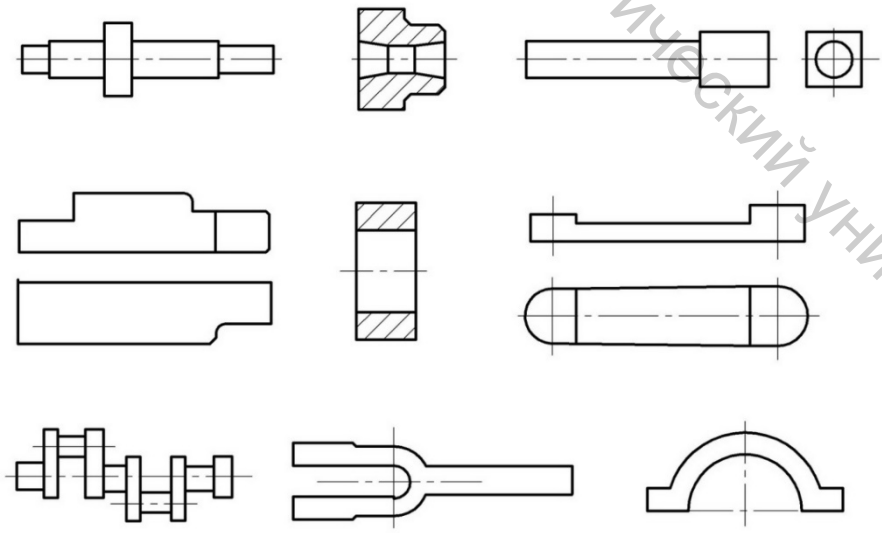


Рисунок 1.15 – Основные типы заготовок, изготовленных ковкой

Витебский государственный технологический университет

Для снижения трудоемкости свободной ковки заготовки должны ограничиваться плоскими и (или) цилиндрическими поверхностями. Нежелательны конические и клиновые формы поковок, пересечения цилиндрических поверхностей. Односторонние выступы предпочтительнее двусторонних. Нельзя выполнять ковкой ребра жесткости.

Для *горячей штамповки* используется один из следующих способов: штамповка в открытых или закрытых штампах; штамповка выдавливанием и прошивкой; штамповка в штампах с разъемными матрицами на прессах или горизонтально-ковочных машинах (ГКМ); штамповка на ковочных вальцах; штамповка на радиально-обжимных машинах (ротационная ковка); штамповка с комбинированием нескольких способов. При штамповке в закрытых штампах получают более точные заготовки и меньше расходуют материал, чем в открытых. Однако закрытые штампы несколько ограничивают форму заготовки (преимущественно тела вращения).

Штамповка в открытых штампах позволяет получить заготовки, форма которых существенно приближается к форме детали. Но углубления и отверстия в направлении перпендикулярном ходу молота или пресса невозможны. Такое можно выполнить при штамповке с разъемными матрицами на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). На рисунке 1.16 показана степень соответствия формы детали и заготовки в зависимости от метода ее изготовления.

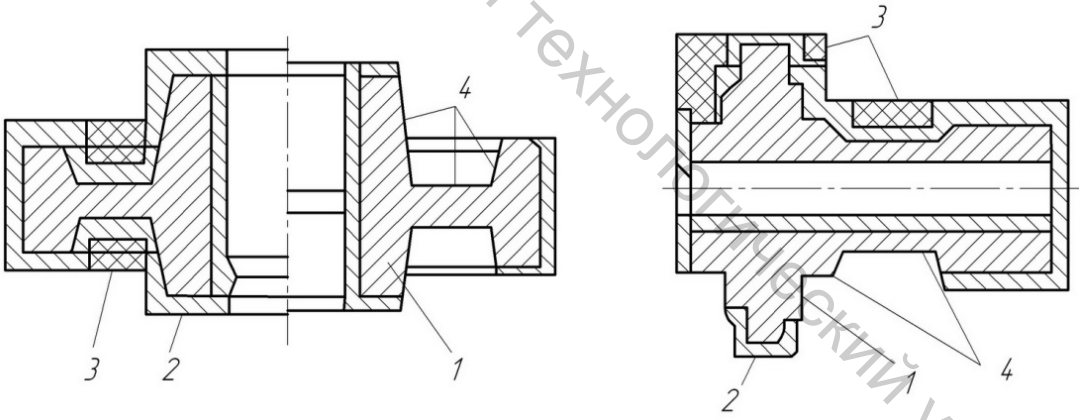


Рисунок 1.16 – Соответствие формы детали и заготовки, полученной свободной ковкой и штамповкой в открытом штампе и на ГКМ: 1 – деталь; 2 – припуск; 3 – напуск; 4 – «исходные» поверхности детали

Точность изготовления заготовки в открытых штампах зависит от группы ее материала, массы и степени сложности. К первой группе материалов относятся стали, содержащие углерода менее 0,45 % и легирующих элементов также меньше 2 %. Другие стали относятся ко второй группе. Различают четыре степени сложности поковок в зависимости от значения коэффициента $C = G_{\text{пок}} / G_{\text{фиг}}$, где – $G_{\text{пок}}$ и $G_{\text{фиг}}$ массы соответственно поковки и простой фигуры, в которую вписывается

Витебский государственный технологический университет

поковка. Для первой степени сложности C = 0,63...1, для второй C = 0,32...0,63, для третьей C = 0,16...0,32; для четвертой C < 0,16.

Допуски на изготовление заготовок из материалов второй группы в открытых штампах на 20...30 % больше, чем из материалов первой. А допуски на изготовление заготовок четвертой группы сложности в открытых штампах на 30...40 % больше, чем для первой. Поковки, полученные в закрытых штампах, примерно на один квалитет точности точнее, чем в открытых. С увеличением массы заготовок с 10...20 кг до 100...160 кг их точность, при изготовлении в открытых штампах понижается на 2 квалитета. Для повышения точности штампованных заготовок после горячей объемной штамповки выполняют горячую или холодную калибровку. При этом точность увеличивается на 3...5 квалитетов, а значение показателя Ra уменьшается в 4...6 раз (до 2,5...0,8 мкм).

Некоторые заготовки, изготавливаемые *холодной объемной штамповкой* выдавливанием и холодной высадкой, показаны на рисунке 1.17. Такие заготовки можно получать из стали и деформируемых сплавов на основе алюминия и меди. Исходными заготовками обычно бывают прутки, трубы и проволока. Иногда процесс высадки совмещается с процессом выдавливания. Холодная высадка осуществляется на высокопроизводительных автоматах из калиброванного материала. Характеристики точности и качества поверхности заготовок, изготовленных обработкой давлением, приведены в таблице 1.10. Они относятся к поковкам массой 5...20 кг.

а *б*

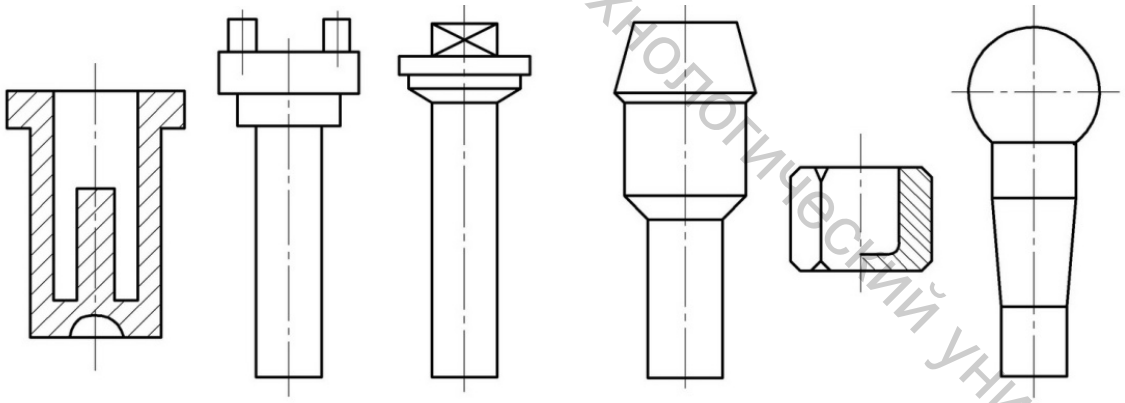


Рисунок 1.17 – Типовые заготовки, получаемые холодной штамповкой выдавливанием (а) и холодной высадкой (б)

Среди отливок до 80 % по массе занимают заготовки, изготовленные ***литьем в песчаные формы***. Этот метод является универсальным применительно к литейным материалам, а также к массе и габаритам отливки.

Специальные способы литья значительно повышают стоимость отливки, но позволяют изготавливать заготовки повышенного качества с минимальным объемом механической обработки (таблица 1.11). Точ-

Витебский государственный технологический университет

ность размеров отливки зависит не только от технологии ее производства, но и от условий формирования элементов отливки в форме. По этому признаку установлено три вида размеров: 1) размеры элементов, образованные одной частью формы или одним стержнем; 2) размеры элементов отливки, образованные двумя полуформами, а также перпендикулярные плоскости разъема; 3) размеры элементов отливки, образованные тремя и более частями формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев.

По конфигурации отливки делятся на пять групп сложности. К *первой* группе относятся отливки простой геометрической формы с наличием невысоких ребер, бобышек, фланцев, выступов и углублений. Наружные поверхности формируются без стержней или съемных частей. Внутренние полости неглубокие; выполняются преимущественно «болваном» или простым стержнем (рисунок 1.18).

Таблица 1.10 – Точность размеров и шероховатость поверхности стальных поковок

Способ обработки давлением	Квалитет точности	Параметр *Ra*, мкм
Свободная ковка:		
стержней, валов и дисков	18…19	30…60
полых валов и цилиндров	19…20	30…60
Штамповка:		
в открытых штампах	16…17	6…12
с горячей калибровкой	13…16	1…2,5
на ГКМ	13…15	2,5…5
Ротационная ковка	10…12	1…2,5
Холодная объемная штамповка выдавливанием	8…11	0,8…1,6
Холодная высадка	8…9	0,8…2,5

Таблица 1.11 – Точность размеров и шероховатость поверхности отливок

Способ литья	Квалитет точности / *Ra*, мкм для материалов		
	легкие цветные сплавы	серый чугун	ковкий чугун, сталь
В песчано-глинистые формы и центробежное	14…18 / 5…10	15…19 /10…20	16…20 / 10…20
В кокиль и оболочковые формы	13…17 / 2,5…5	14…17 / 5…10	15…18 / 10…20
В керамические формы и по выплавляемым моделям	12…14 / 1…2,5	13…15 / 2,5…5	14…15 / 2,5…5
Под давлением	11…13 / до 0,63	12…14 / > 1,25	—

Ко *второй* группе (рисунок 1.19) относятся отливки в виде сочетания простых геометрических тел плоские, круглые или открытые коробчатой формы. Наружные поверхности плоские и криволинейные при наличии ребер, бортов, бобышек, фланцев, отверстий и углублений про-

Витебский государственный технологический университет

стой конфигурации. Внутренние полости простые, большой протяженности или высокие. Для выполнения отдельных частей отливки применяются стержни.

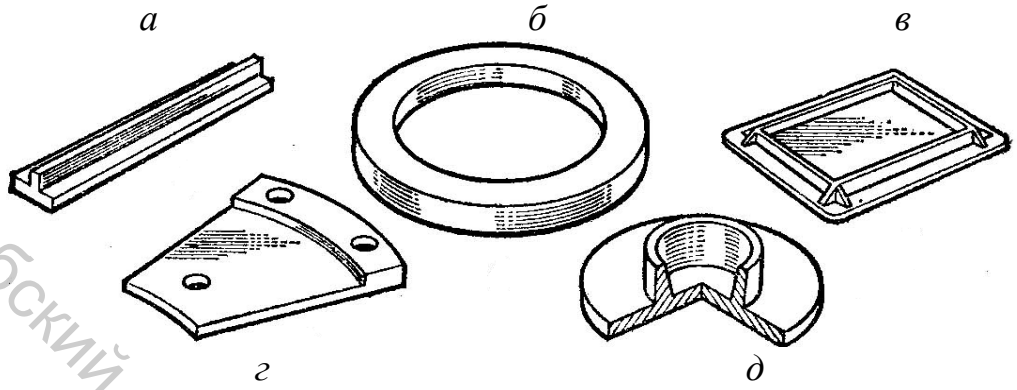


Рисунок 1.18 – Отливки первой группы сложности: а – балка; б – бандаж; в – плита; г – сектор; д – крышка

К *третьей* группе (рисунок 1.20) относятся отливки открытой коробчатой или другой формы. Плоские и криволинейные наружные поверхности имеют нависающие части, ребра, бобышки и фланцы с отверстиями и углублениями относительно сложной конфигурации. Внутренние полуоткрытые полости представляют собой объединение нескольких простых геометрических элементов имеют большую протяженность или высоту. У них в одном или двух ярусах имеются незначительные углубления или выступы.

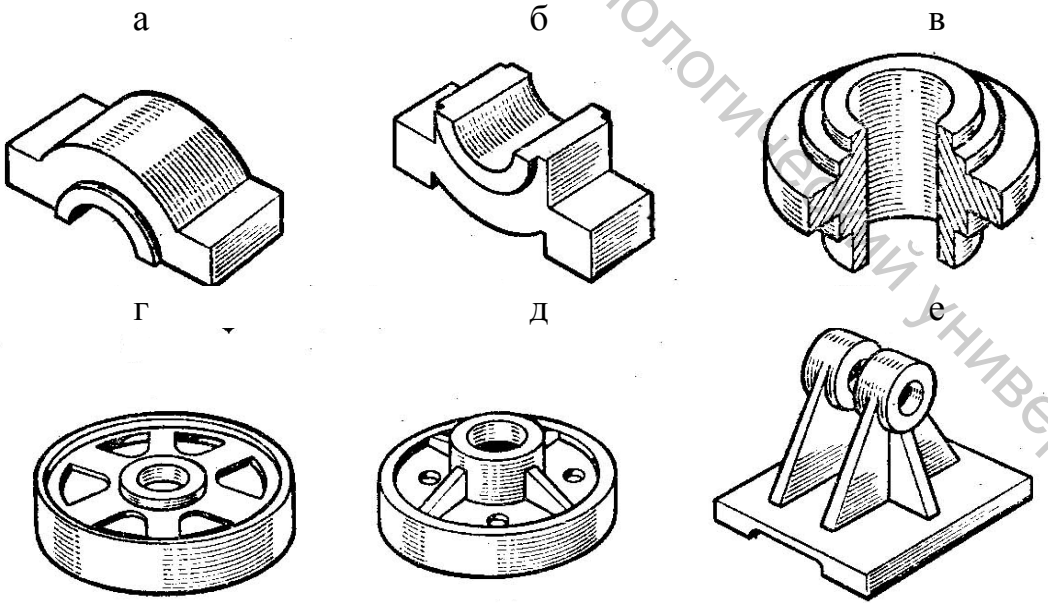


Рисунок 1.19 – Отливки второй группы сложности: а – крышка подшипника; б – корпус подшипника; в – ступица; г – зубчатое колесо; д – ролик; е – кронштейн

Витебский государственный технологический университет

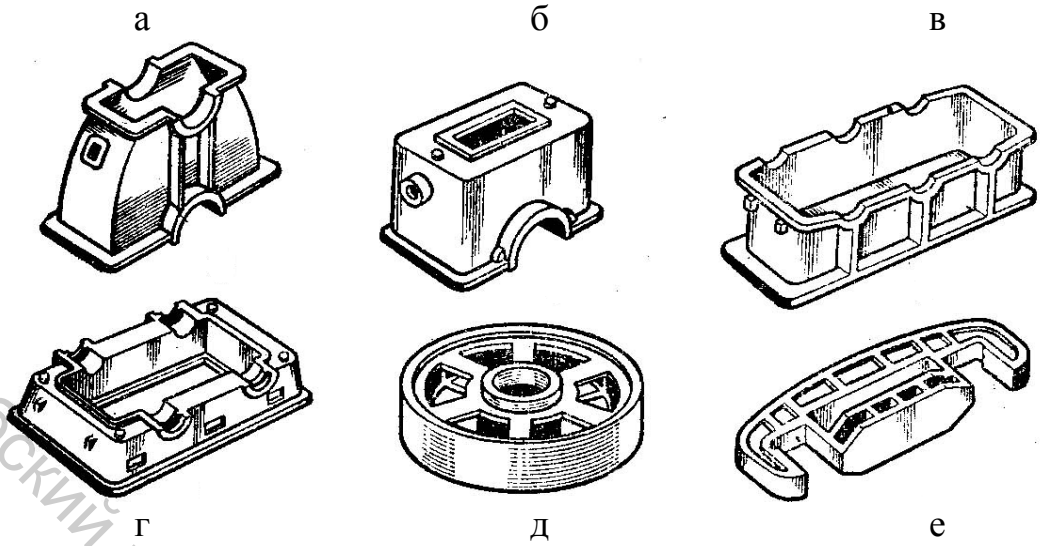


Рисунок 1.20 – Отливки третьей группы сложности: а – корпус; б – крышка редуктора; в, г – основание; д – зубчатое колесо; е – рама балансира

К *четвертой* группе (рисунок 1.21) относятся отливки закрытой и частично открытой коробчатой и цилиндрической формы. Наружная поверхность такая же, как и у отливок третьей группы. Многие части выполняются с помощью стержней. Внутренние части отливки имеют сложную конфигурацию со значительными выступами и углублениями, расположены в один-два яруса и имеют один-два свободных выхода.

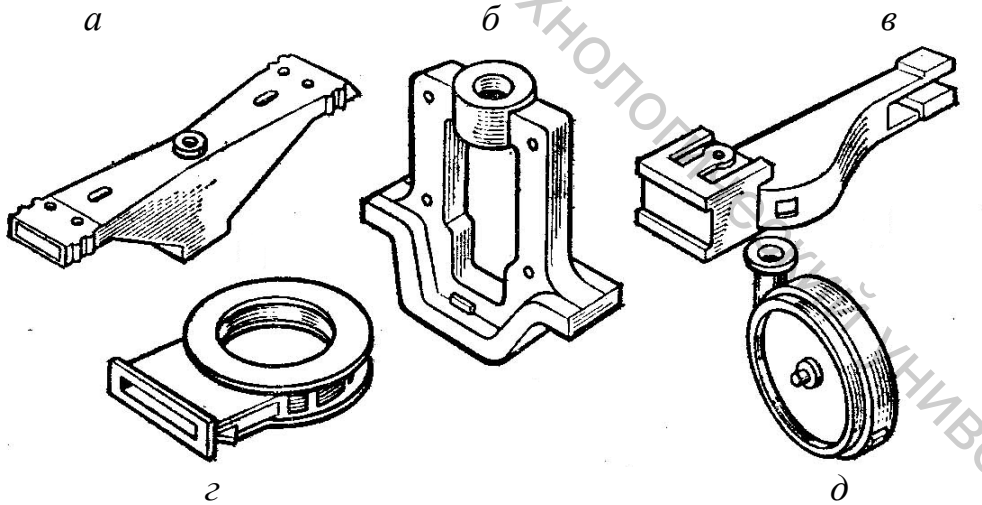


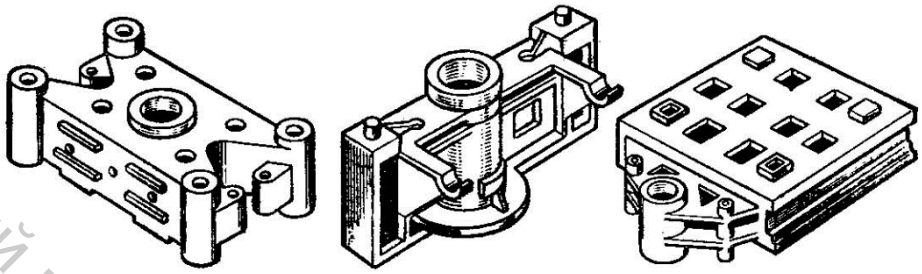
Рисунок 1.21 – Отливки четвертой группы сложности: а – шкворневая балка; б – станина станка; в – ползун; г – корпус шибера; д – улитка

К *пятой* группе (рисунок 1.22) относятся отливки закрытой коробчатой формы. Наружные поверхности имеют сложную конфигурацию с примыкающими и пересекающимися конструктивными элементами. В процессе изготовления могут применяться стержни. Внутренние полости также имеют сложную конфигурацию с криволинейными по-

Витебский государственный технологический университет

верхностями, которые пересекаются под разными углами и обладают выступами и выемками.

Квалитеты точности, указанные в таблице 1.11, соответствуют диапазону изменения групп сложности отливки от первой до пятой и второму виду размеров. Точность размеров первого и третьего вида на один квалитет соответственно выше и грубее (ниже).



а *б* *в*

Рисунок 1.22 – Отливки пятой группы сложности: а – траверса; б, в – станина

После выбора метода получения заготовки методом весовых коэффициентов определяется ***способ получения заготовки.*** Суть метода *весовых коэффициентов* заключается в следующем. Заготовка характеризуется рядом критериев, отражающих ее форму, массу, габаритные размеры. Сложность и параметры качества. Каждый критерий выбора имеет несколько уровней значений. А каждому уровню критерия выбора и типу производства соответствует ряд весовых коэффициентов, значение которых зависит от способа изготовления заготовки. В таблице 1.12 приведены значения весовых коэффициентов для различных способов получения литых заготовок. Способ использования таблицы 1.12 поясним следующим примером.

Таблица 1.12 – Весовые коэффициенты критериев выбора метода изготовления отливки

Номер и наименование критерия выбора	Уровень, градация и значение критерия выбора	Способ изготовления литой заготовки						
		ЛПФ		ЛОФ	ЛВМ	ЛК	ЛПД	ЦЛ
		РФ	МФ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Тип производства	- мелкосерийное, - серийное, - крупносерийное	2 1 0	0 1 2	0 1 2	0 1 2	0 1 1	0 1 2	0 1 1
2 Материал детали	- сталь, - чугун, - цв. сплавы	1 1 1	1 1 1	0 1 1	1 0 1	1 1 1	0 0 1	0 1 1

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 1.12

3 Масса детали, кг	- 50…60, - 60…120, - 120…320, - 320…600	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 0 0	1 1 1 0	1 0 0 0	1 1 0 0
4 Группа сложности отливки	- 1, - 2, - 3, - 4, - 5	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	0 0 1 1 0	0 0 1 1 0	1 1 0 0 0	0 1 1 1 0	1 2 0 0 0
5 Параметр *Ra* поверхности заготовки, мкм	- 0,63…1, - 1,6…3,2, - 6,3…12,5, - 12,5…20	0 0 0 2	0 0 1 2	0 0 2 1	0 2 1 0	0 0 2 1	2 1 0 0	0 0 1 1
6 Форма детали	- тела вращения, - корпусные, - рычаги, - фасонные	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 0 1 1	1 1 1 0	1 1 1 1	1 0 0 1
7 Максимальные габаритные размеры, мм	- до 25, - 25…50, - 50…120, - 120…400, - 400…1600	0 0 1 1 1	0 1 1 1 1	0 1 1 1 0	1 1 1 0 0	0 0 1 1 0	1 1 1 1 0	1 1 1 1 0
8 Квалитет точности размеров отливки	- 11…13, - 13…15, - 15…17, - 17…20	0 0 0 1	0 0 1 1	0 1 1 0	1 1 0 0	0 1 1 0	1 1 0 0	0 0 1 1
Обозначения методов литья: 1) ЛПФ – литье в песчаные формы; 1.1) РФ – ручная формовка; 1.2) МФ – машинная формовка; 2) ЛОФ – литье в оболочковые формы; 3) ЛВМ – литье по выплавляемым моделям; 4) ЛК – литье в кокиль; 5) ЛПД – литье под давлением; 6) ЦЛ – центробежное литье.								

Значения критериев выбора для рассматриваемой детали: 1) тип производства – серийное; 2) материал – чугун; 3) масса детали – до 50 кг; 4) группа сложности – 3; 5) параметр шероховатости исходных поверхностей Ra = 50; 6) форма детали – корпусная; 7) максимальный габаритный размер – мм; 8) квалитет точности размеров, связывающих исходные поверхности – 16. Соответствующие данным уровням критериев выбора строки значений весовых коэффициентов заносим в таблице 1.13 и затем находим их суммы по столбцам, соответствующим разным методам получения отливки.

Выбирается тот способ, сумма весовых коэффициентов которого будет наибольшей. В данном случае это будет (литье в песчаную форму с машинной формовкой). Аналогично, используя таблицу приложения Ж, можно выбрать метод изготовления заготовки давлением.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.13 – Значения весовых коэффициентов для рассматриваемой детали

Номер критерия выбора	Уровень критерия выбора	Способ изготовления литой заготовки						
		ЛПФ		ЛОФ	ЛВМ	ЛК	ЛПД	ЦЛ
		РФ	МФ					
1	2	1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	0	1	0	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	3	1	1	1	1	0	1	0
5	4	2	2	1	0	1	0	1
6	2	1	1	1	1	0	1	0
7	4	1	1	1	0	1	1	1
8	3	0	1	1	0	1	0	1
Сумма		8	9	8	4	6	5	6

В том случае, если необходимо принимать решение в выборе из нескольких конкурирующих вариантов, то описываются достоинства и недостатки выбранных методов и на основании проведенного анализа окончательно выбирается один из них.

1.4.2 Чертеж заготовки. Технология изготовления заготовки

В данном разделе предварительно рисуется эскиз заготовки. Окончательно его оформление, а также описание технологии изготовления заготовки осуществляется после выбора баз на первой операции предварительного этапа и размерного анализа технологического процесса.

Разработка чертежа заготовки является исходным этапом при проектировании технологического процесса ее изготовления.

В том случае, если методом получения отливки является литье в песчано-глинистые формы, то при построении эскиза заготовки следует учитывать следующие особенности и правила:

- в единичном и серийном производстве конструирование или разработка чертежа отливки выполняется на чертеже (или светокопии) готовой детали путем нанесений соответствующих технологических указаний; в крупносерийном и массовом – разрабатывается специальный чертеж отливки; в учебных целях в курсовом проекте вне зависимости от типа производства разрабатывается чертеж заготовки;
- разъем модели и формы показывают прямой (или ломанной) штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком "Х - Х" над которой указывается – МФ (модель-форма); направление разъема показывают сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линии разъема, (рисунок 1.23); при применении неразъемной

Витебский государственный технологический университет

модели указывается только разъем формы – Ф; при нескольких разъемах каждый разъем показывают раздельно;

- положение отливки в форме при заливке обозначают буквами В (верх) и Н (низ); буквы проставляют у стрелок, показывающих направление разъема (рисунок 1.23);
- выбор плоскости разъема должен обеспечить свободное извлечение модели из формы без разрушения (разрыва) отпечатка; при возможности всю отливку следует располагать в нижней опоке, что позволяет исключить влияние сдвига формы на отливку; наиболее ответственные части отливки располагают, в вертикальном или наклонном положении; эти условия относятся и к расположению тонких стенок отливки;
- поверхности, которые служат установочной, двойной направляющей базами на первой операции не должны иметь формовочных уклонов;
- необходимо размещать в одной опоке те части отливки, которые служат базой при механической обработке детали и которые сами подлежат механической обработке;
- детали цилиндрической формы с обрабатываемыми внешними и внутренними поверхностями должны заливаться в вертикальном положении;
- внутренние стержни при заливке должны занимать наиболее устойчивое положение, и подъемная сила стержней должна действовать в направлении опорных знаков стержня;
- необходимо стремиться получить внутренние полости без стержней или при их наименьшем количестве;
- одновременное удовлетворение требований невозможно, в связи с чем технологу приходится выбирать те из них, которые обеспечивают получение качественной отливки с наибольшей экономией.

Припуском на механическую обработку отливок является слой металла (на сторону), предназначенный для снятия в процессе механической обработки (назначается на обрабатываемые поверхности). Величина размеров заготовки определяется после размерного анализа технологического процесса, в котором учитываются величины минимальных припусков и допусков на обработку.

Минимальные диаметры литых отверстий для чугунных отливок принимаются по таблице 1.6. Минимально диаметры литых отверстий для стальных отливок кроме вышеперечисленных факторов зависят еще от высоты отверстий (Н) и их значения ориентировочно в 2 раза больше, чем для чугунных отливок. Например, для стальных отливок с толщиной стенки до 25 мм и высотой Н от 100 до 200 мм минимальный диаметр D_{min}=60 мм (в серийном производстве).

Если диаметр отверстия больше или равен высоте отливки, то отверстие выполняется не стержнем, а болваном (рисунок 1.24).

Витебский государственный технологический университет

Допускаемые отклонения на номинальные размеры отливок устанавливаются по данным приложения Ж.

Формовочные уклоны назначаются на вертикальные стенки детали с целью облегчения извлечения модели из литейной формы и стержней из стержневых ящиков и предупреждения при этом разрушения полученного отпечатка. Если в отливаемой детали не предусмотрено конструкционных уклонов, то они оформляются на чертеже отливки и задаются в направлении извлечения модели из формы или стержня из ящика.

Принято 3 способа выполнения формовочных уклонов на модели (рисунок 1.25):

1. На обрабатываемые вертикальные поверхности, перпендикулярные к плоскости разъема, уклон дается всегда в плюс, т. е. сверх припуска – построение формовочного уклона в этом случае осуществляется по первому способу (в плюс). При необрабатываемой вертикальной поверхности толщиной до 8 мм уклон оформляется так же.

2. Если толщина необрабатываемой поверхности находится в пределах 8-12 мм, оформление уклонов производится по 2-му способу (в плюс-минус).

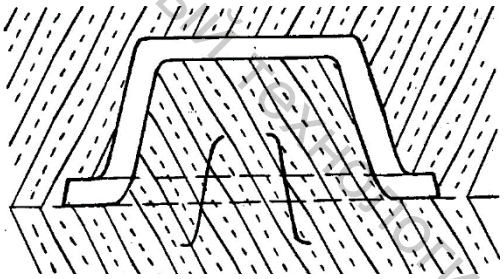
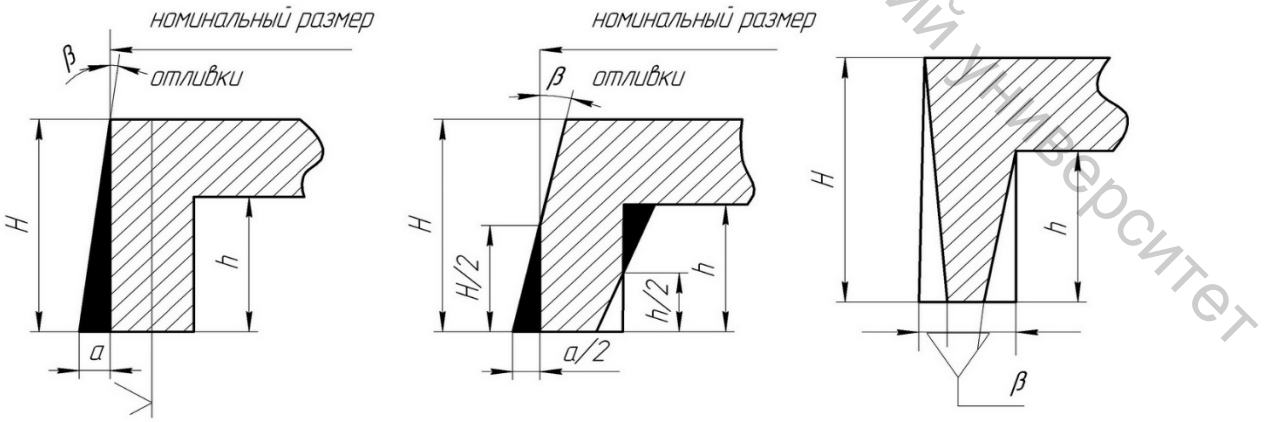


Рисунок 1.24 – Оформление отверстия с помощью болвана



1 способ (+) 1 способ (+ –) 1 способ (–)

Рисунок 1.25 – Оформление формовочных уклонов

Витебский государственный технологический университет

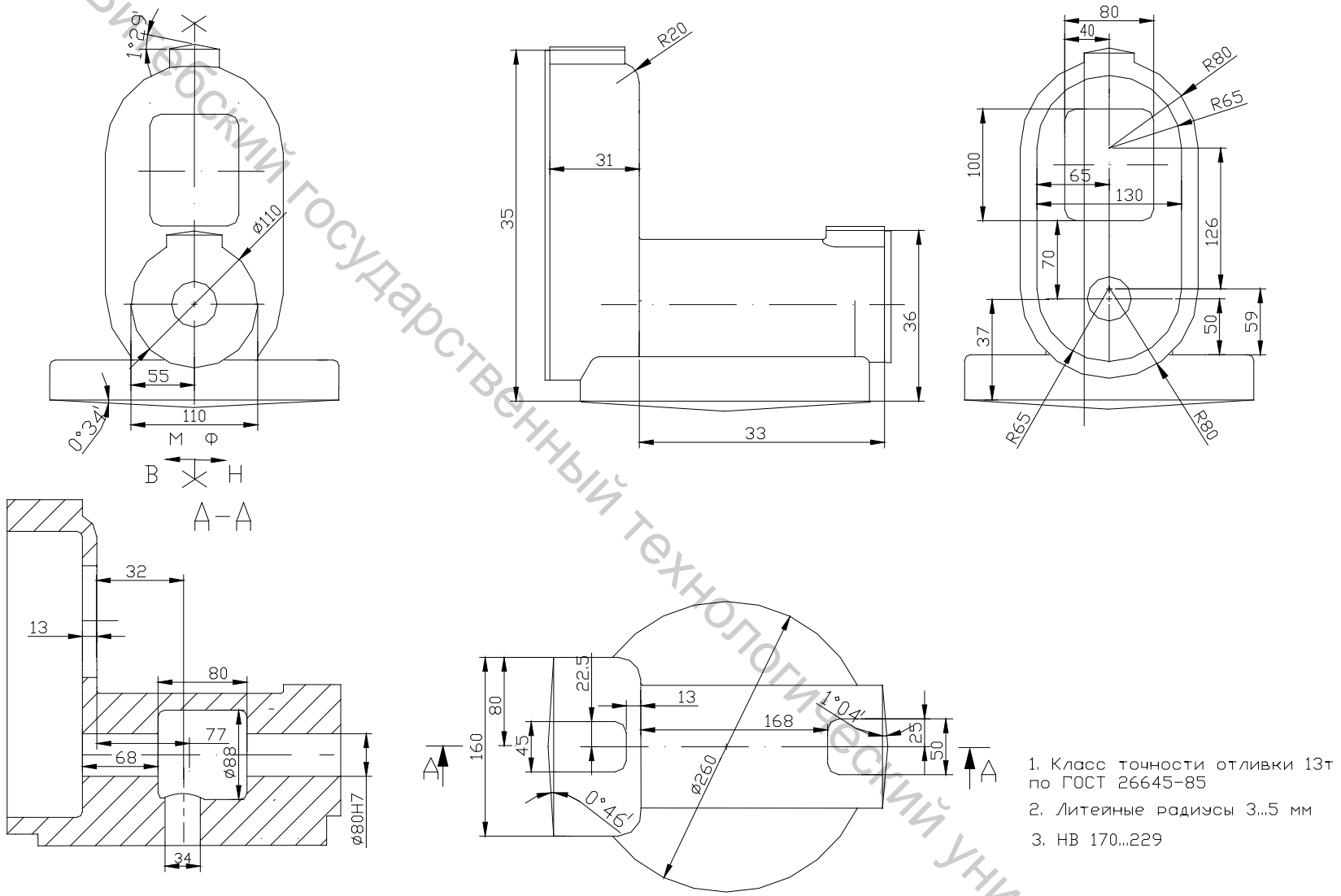


Рисунок 1.23 – Эскиз отливки

Витебский государственный технологический университет

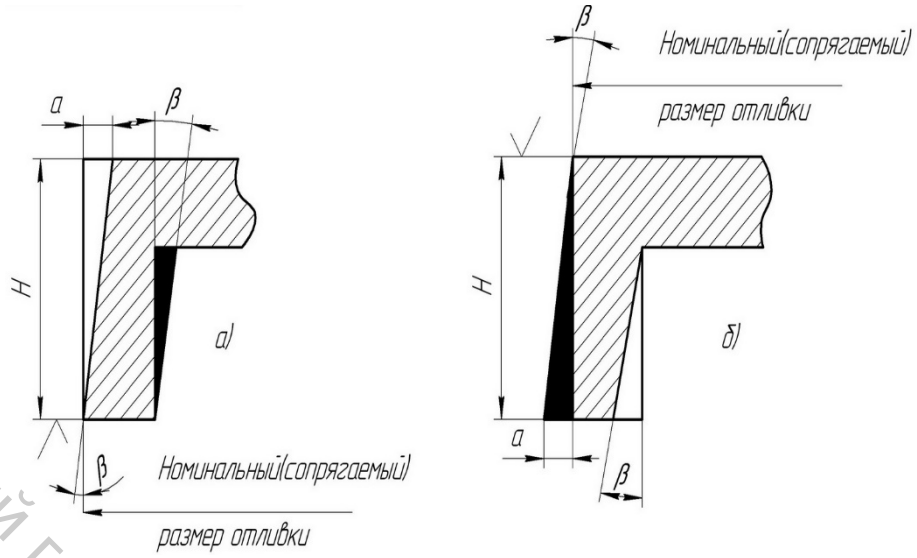


Рисунок 1.26 – Оформление формовочных уклонов при сопряжении отливок: а) внутренний уклон; б) наружный уклон.

3. Если толщина необрабатываемой поверхности свыше 12 мм и высота – до 100 мм, то уклон оформляется по 3 способу – в минус.

Если высота необрабатываемой вертикальной стенки более 100 мм и толщина более 12 мм, то уклон оформляется в плюс-минус (2-й способ).

Таблица 1.14 – Формовочные уклоны основных формообразующих вертикальных поверхностей модельного комплекта при применении смесей, твердеющих в контакте с модельной оснасткой (ЖСС, ХТС, CO_2- процесс)

Высота модели (h или h_1)	Формовочный уклон			
	модели металлические, пластмассовые		модели деревянные	
	β^0	α, мм	β^0	α
1	2	3	4	5
<10	$3^0 26'$	0.6	4^0	0.7
10-18	$2^0 32'$	0.8	$2^0 52'$	0.9
18-30	$1^0 54'$	1.0	$2^0 17'$	1.2
30-50	$1^0 16'$	1.1	$1^0 29'$	1.3
50-80	$0^0 54'$	1.3	$1^0 04'$	1.6
80-120	$0^0 40'$	1.4	$0^0 46'$	1.8
120-180	$0^0 30'$	1.5	$0^0 34'$	2.4
180	$0^0 28'$	2.0	$0^0 33'$	3.0

Если необрабатываемые вертикальные поверхности отливки сопрягаются по контуру с другой отливкой, то формовочные уклоны вы-

Витебский государственный технологический университет

полняются за счет уменьшения (рисунок 1.26, *а*) или увеличения (рисунок 1.26, *б*) размеров отливки – в зависимости от поверхности сопряжения.

Величины минимальных формовочных уклонов (при изготовлении моделей) регламентируются по ГОСТ 3212-80 и зависят от высоты вертикальной стенки, материала модели и метода формовки (таблица 1.14).

Поверхности моделей, образующие в литейных формах болваны, соответствующие углублениям в отливках, рекомендуется выполнять с увеличенным формовочным уклоном, вдвое превышающим табличные значения, но не более 3°.

При изложении *технологии изготовления* отливки следует учитывать то, что наибольшее распространение получили следующие последовательности операций технологических процессов получения разовых литейных форм: формовка по неразъемной модели (рисунок 1.27); формовка по модели с отъемными частями (рисунок 1.28); формовка с подрезкой (рисунок 1.29).

Следует учитывать следующие особенности и правила разработки технологического процесса получения отливки при индивидуальном, мелкосерийном и серийном производствах.

Число и конфигурация стержней определяются конструкцией внутренних полостей отливки и стержневыми знаками, которые позволяют установить стержни в литейную форму и обеспечить им жесткое положение в процессе заливки расплавленного металла. Линия разъема стержневых ящиков в большинстве случаев должна быть плоской, что облегчает техпроцесс изготовления стержней. Выбор линии разъема необходимо увязывать с направлением набивки стержней и способами их вентиляции. Стержень по сравнению с литейной формой находится в значительно худших условиях в отношении отвода образующихся в процессе заливки газов, которые не могут быть отведены через расплавленный и еще не застывший металл.

Необходимо стремиться к уменьшению числа стержней, так как это ведет к снижению трудоемкости изготовления отливки, повышению качества и размерной точности отливок. Но эта тенденция ведет, с другой стороны, к возможному увеличению металлоемкости отливок.

Стержни и их знаки, а также знаки модели изображают в масштабе схемы ориентации отливки в опоке сплошной тонкой линией или синим цветом. Если близкое расположение изображений на чертеже не позволяет показывать знаки стержней в масштабе, то разрешается делать разрыв знака или показывать его не в масштабе.

Стержни обозначаются буквами СТ и порядковым номером. Стержни в разрезе штрихуются только у контурных линий. Длина штриховки – 3–30 мм.

Витебский государственный технологический университет

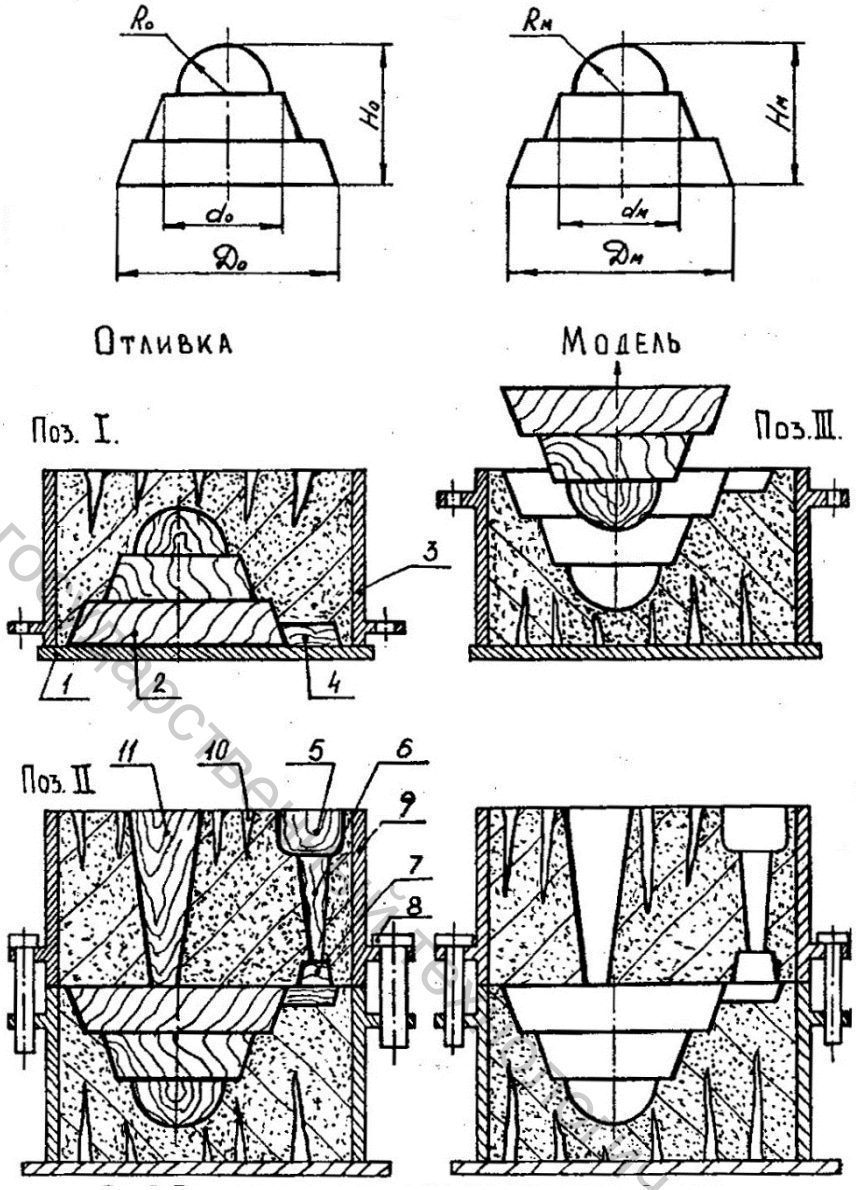


Рисунок 1.27 – Формовка по неразъемной модели:
1 – подмодельная плита; 2 – модель; 3 – нижняя опока; 4 – модель питателя; 5 – модель литниковой чаши; 6 – модель стояка; 7 – модель шлакоуловителя; 8 – центрирующие штыри; 9 – верхняя опока; 10 – вентиляционные каналы; 11 – выпор

На стержень наносятся символы, показывающие направление набивки, разъем стержневого ящика, место вывода газов.

Установка и крепление стержней в литейной форме осуществляется при помощи знаков и жеребеек.

В зависимости от положения стержня при сборке литейной формы стержневые знаки делятся на горизонтальные и вертикальные (рисунок 1.30).

Витебский государственный технологический университет

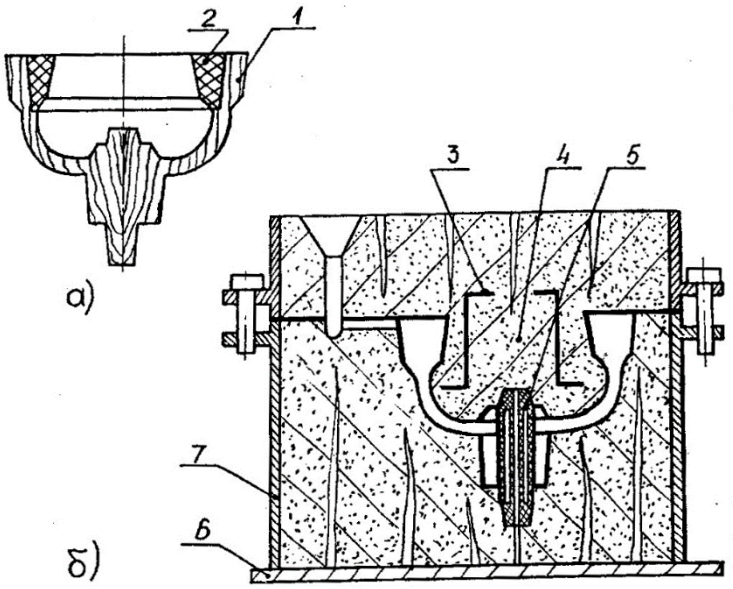


Рисунок 1.28 – Формовка с отъемными частями:
1 – модель; 2 – отъемные части; 3 – армирующие элементы; 4 – болван; 5 – стержень; 6 – плита; 7 – нижняя опока

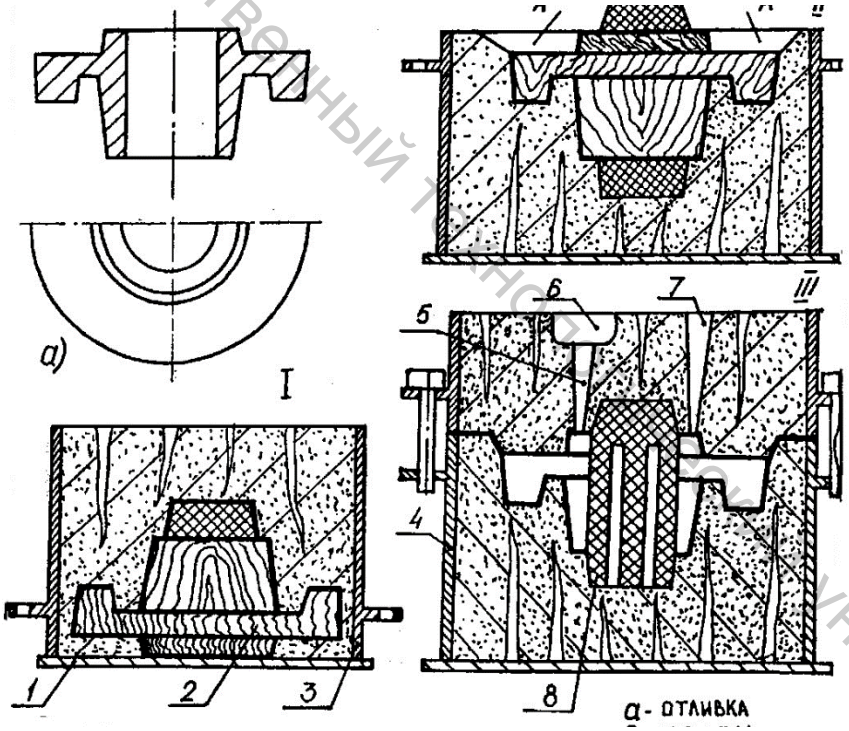


Рисунок 1.29 – Формовка с подрезкой:
1 – подмодельная плита; 2 – модель; 3 – верхняя опока; 4 – нижняя опока; 5 – стояк; 6 – литниковая чаша; 7 – выпор; 8 – стержень

Витебский государственный технологический университет

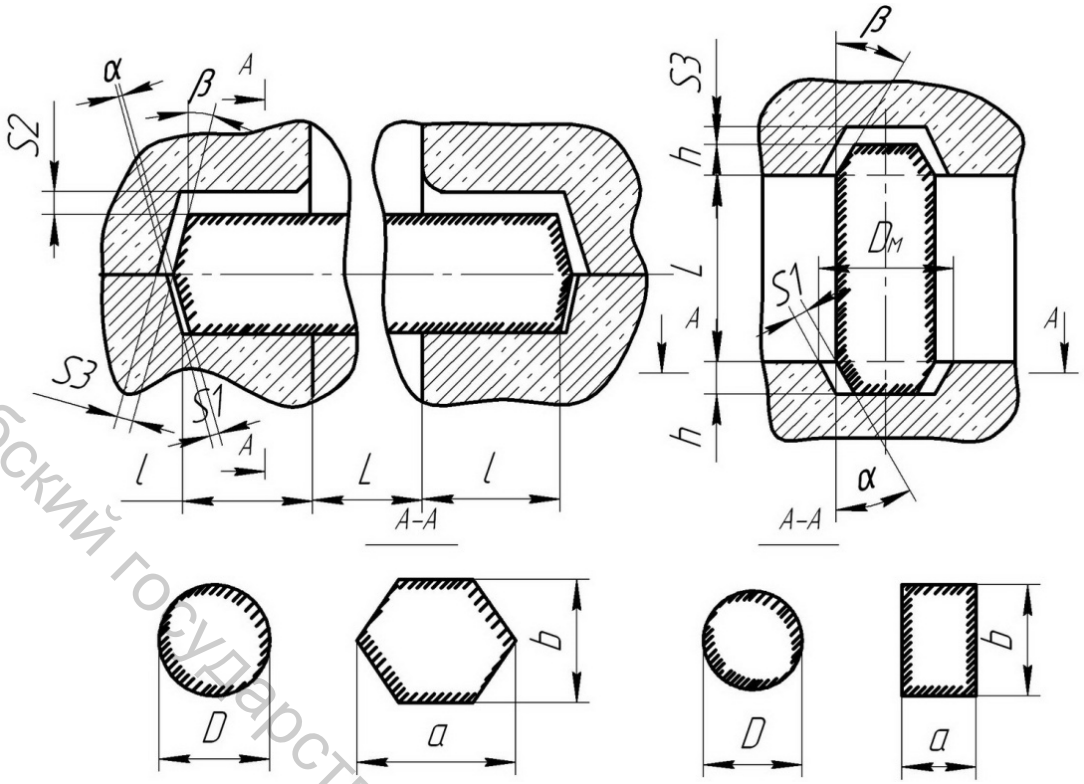


Рисунок 1.30 – Горизонтальные и вертикальные стержни

Длина горизонтальных знаков l в зависимости от размера в сечении знака ($(a+b)/2$ или D) и от длины стержня Z между опорами должна соответствовать данным таблицы 1.15.

Таблица 1.15 – Длины горизонтальных знаков стержней

$(a+b)/2$ или D, мм	Длина знака l, мм по длине стержня Z, мм							
	<50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400
<50	20	25	30	35	-	-	-	-
50-80	20	25	30	35	45	50	-	-
80-120	20	25	35	40	50	55	60	70
120-180	25	30	35	45	55	60	70	80
180-315	25	30	40	50	60	65	80	90
315-400	30	35	45	55	65	70	85	95
>400	-	-	-	60	70	75	90	105

Длина знака грибкового стержня l (рисунок 1.31) уменьшается против табличных данных на 30–50 %. Длина знака консольного стержня l увеличивается до длины стержня Z (рисунок 1.31, *б*). Высота нижних вертикальных знаков h выбирается из таблицы 1.16, а высота верхних вертикальных знаков $h_1 = 0,5h$;

Витебский государственный технологический университет

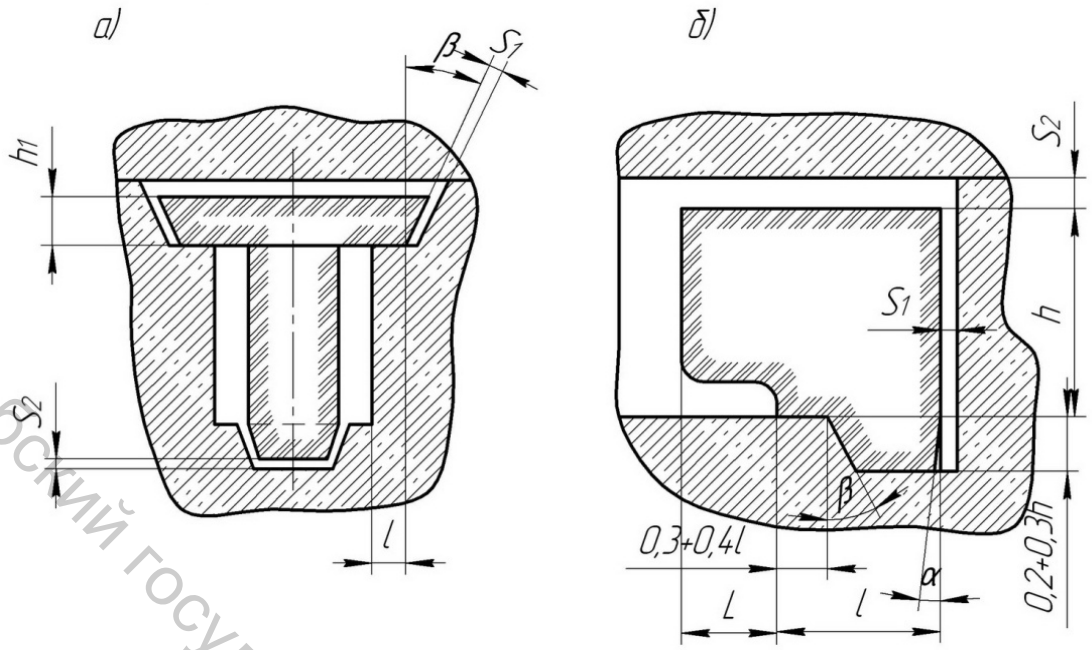


Рисунок 1.31 – Стержни: а) грибковый; б) консольный

Таблица 1.16 – Высоты нижних знаков вертикальных стержней

D или *(a+b)*/2, мм	Высота знака *h*, мм по длине стержня *Z*, мм						
	<50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400
<50	20	30	-	-	50	60	60
50-80	25	35	35	35	40	50	60
80-120	25	35	35	35	40	50	60
120-180	30	35	35	35	35	40	50
180-250	30	35	35	35	35	40	50
250-315	35	35	35	35	35	40	50
315-400	40	40	40	40	40	40	40

При отношении *l/d* или *(2l/(a+b)) > 5* нижний вертикальный знак рекомендуется выполнять в соответствии с рисунком 1.32.

Формовочные уклоны на знаковых формообразующих поверхностях должны соответствовать указаниям таблицы 1.17.

Технологические зазоры *S* между знаками формы и стержня устанавливаются в зависимости от класса точности и материала модельного комплекта. Зазоры между знаками формы и стержня (на сторону) принимаются для модельного комплекта 3 кл. точности, изготовленного из металла или пластмассы и I кл. точности, изготовленного из дерева, по таблице 1.18, зазор $S_3 \approx 1.5S_1$

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.17 – Формовочные уклоны стержней

Высота знака h или h_1, мм	для низа	для верха
	α^0	β^0
до 50	7	10
50-80	6	8
80-120	6	8
120-180	5	6
180-250	5	6

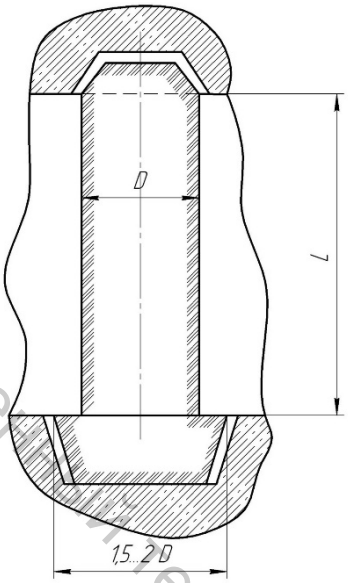


Рисунок 1.32 – Оформление вертикального стержня

Для модельного комплекта 2 класса точности, изготовленного из дерева зазоры между знаками формы и стержня (на сторону) определяются из таблицы 1.19.

Таблица 1.18 Зазоры для модельных комплектов 1,3 кл. точности

Высота знака h или h_1, мм	зазор S_1, мм по длине стержня Z, мм						
	50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315
1	2	3	4	5	6	7	8
<50	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
50-80	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
80-120	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
120-180	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0
180-250	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0
250-315	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0
Зазор S_2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.19 – Зазоры для модельных комплектов 2 кл. точности

Высота знака h или h_1, мм	зазор S_1, мм по длине стержня Z, мм							
	<50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	500
до 30	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
30- 50	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5
50-80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6
80-120								
120-180	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
180-250	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8
250-315								
315-400	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5			
400-500								
зазорS_2	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

Знаки должны не только надежно фиксировать стержни в форме но и обеспечивать беспрепятственное удаление газов из них в процессе заливки металла. Для вентиляции стержней применяют коксовую гарь, наколы, каналы по разъему стержней, жгуты, шнуры, капроновые трубки и металлические со сверлением - для стержней из песчано-глиннстых смесей.

Для придания стержням большей прочности и жесткости их укрепляют, прокладывая внутрь каркасы, для мелких стержней проволочные, а для более крупных – чугунные. В результате применения каркасов (арматуры) прочность стержней повышается. Основное требование, которое необходимо соблюдать для полного соответствия арматуры своему назначению, состоит в том, чтобы стержневая масса плотно приставала к арматуре - иначе она не выполнить своего назначения. Поэтому каркасы перед установкой в стержневой ящик смачивают огнеупорной глиной, маслом или раствором сульфитного щелока для стержней из песчано-глинистых смесей.

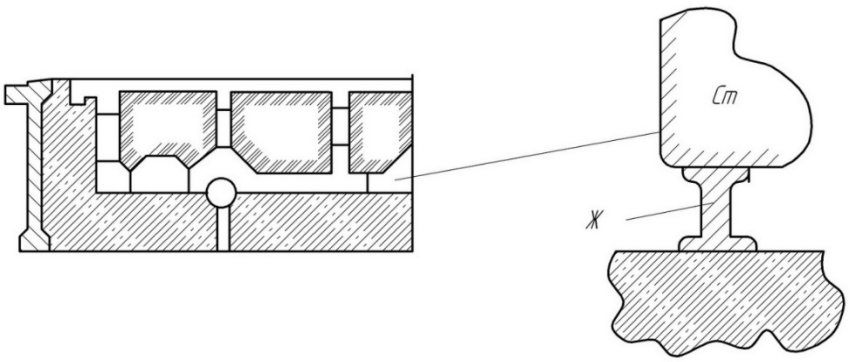


Рисунок 1.33 – Использование жеребеек

Витебский государственный технологический университет

При применении длинных тонких горизонтальных стершей, во избежание провисания, а также для предупреждения всплытия стержней, для придания им более устойчивого положения, применяют особые

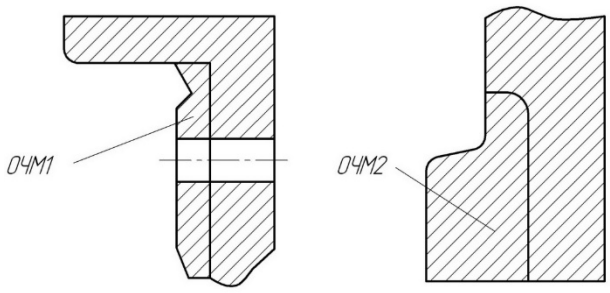


Рисунок 1.34 – Обозначение отъемных частей модели

металлические подпорки – *жеребейки* (рис. 1.33).

Линию соприкосновения отъемной части с моделью показывают сплошной основной линией. Отъемную часть обозначают буквами ОЧМ и порядковым номером (рисунок 1.34)

Литниковая система предназначена для подвода расплавленного металла в литейную форму плавно, без ударов. При этом литниковая система предупреждает попадание в форму шлака и компенсирует усадку.

Различают 2 типа литниковых систем – со свободным падением жидкого металла и с поступлением металла по ломаной линии. Выбор определенного типа литниковой системы зависит от веса и конфигурации отливки и ее назначения, а также от материала отливки.

Расчет литниковых систем для стали и чугуна построен на принципе торможения (запирания), когда $F_{лит} < F_{шл} < F_{ст}$, что позволяет держать чашу постоянно полной в процессе заливки.

$F_{пит} : F_{шл} : F_{ст}$ = 1:1,5:2 – для крупного чугунного литья.

$F_{пит} : F_{шл} : F_{ст}$ = 1:1,1:1,15 – для мелкого чугунного литья.

$F_{пит} : F_{шл} : F_{ст}$ = 1:1,06:1,11 – для мелкого тонкостенного чугунного литья.

$F_{пит} : F_{шл} : F_{ст}$ = 1:1,3:1,6 – для стали.

Для чугунного литья $F_{лит}$ рассчитывайся по формуле:

$$F_{лит} = \frac{6{,}64 * G_{с.с.}}{\sqrt{H}}, \qquad (1.8)$$

где $G_{с.с}$ – средний секундный расход жидкого метала при заливке его в форму, кг/сек, Н – расчетный напор металла а см. расстояние от места подвода металла до уровня чаши (рисунок 1.35).

$$G_{с.с} = \frac{G}{\tau}, \qquad (1.9)$$

Витебский государственный технологический университет

где $G_{с.с.}$ – металлоёмкость формы, кг (вес металла, заливаемого в форму), τ – время заливки, сек.

$$\tau = 2\sqrt[3]{\delta * G}\ , \qquad (1.10)$$

где δ – преобладающая толщина стенки (мм) отливки.

$$G = \frac{G_{отл.}}{0{,}7}\ , \text{ кг} \qquad (1.11)$$

где $G_{отл.}$ – вес отливки, 0,7- коэффициент выхода годного, равного отношению веса отливки к весу металла, заливаемого в форму.

С целью упрощения расчетов размеры и количество питателей выбираются из таблицы 1.20 в зависимости от веса отливки, ее тонкостенности.

Таблица 1.20 – Размеры и количество питателей

Вес отливки, кг	Размеры питателей		Толщина стенки, мм			
	$F_{пит}$ каждого $см^2$	l, мм	5-8	8-15	15-20	25
До 1	0,4-0,5	15-20	1	1	1	1
1-5	0,5-0,7	25-30	2	1	1	1
5-10	0,65-0,8	25-30	3	2-3	2-3	2
40-60	1,0-1,5	35-40	4-5	4	3	2-3
100-120	1,2-1,8	40-45	7-8	5-6	4	3-4
200-250	1,5-1,6	45-50	8-9	7	6	5

При разработке технологии получения отливки выбираются места подвода металла к отливке и рассчитываются размеры питателей.

Литниковую систему изображают в масштабе схемы ориентации отливки в опоке сплошной тонкой линией, допускается изображение красным цветом (рисунок 1.35). У каждого сечения элементов литниковой системы допускается указывать площадь сечения в квадратных см, количество сечений и суммарную площадь (∑F) в $см^2$.

Площади сечений обозначают: питателей – $F_{лит}$, шлакоуловителей – $F_{шл,}$, стояков –$F_{ст.}$ и т. д.

Габариты литейной формы определяются следующими факторами:

а) габаритами формуемой отливки и количеством отливок в одной опоке;

б) расположением и размерами литниковой системы;

в) размерами стержневых знаков;

г) грузоподъемностью кранов в литейном цехе;

Витебский государственный технологический университет

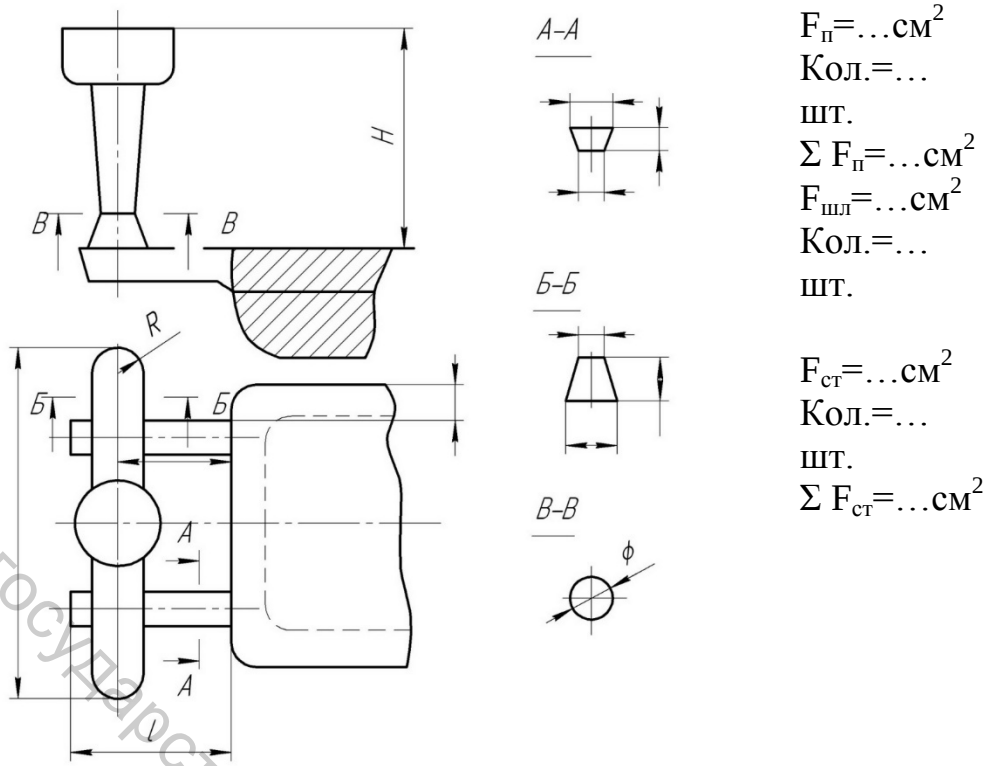


Рисунок 1.35 – Изображение и обозначение литниковой системы

д) подъемной силой и габаритами стола встряхивающих формовочных машин.

Выбор габаритов литейной формы – это, фактически, определение размеров опок. При выборе расстояния от отливки до стенки опоки, до верха, до низа необходимо учитывать вероятность разрушения формы при заливке ее от статического и динамического давления жидкого металла.

Минимальные габариты опоки определяются, если к габаритным размерам отливки прибавить расстояние «*а*», «*в*» и «*с*», указанные на рисунке 1.36.

Минимальное расстояние «*а*» – от тела отливки до стенки опоки определяется в зависимости от веса и габаритов отливки:

а = 30–50 мм – для мелких опок (до 600 х 800);

а = 50–120 мм – для средних опок (до 1000 х 1200);

а = 0–50 мм – от стержневого знака до стенки опоки;

а = 100–150 мм – для крупных опок.

Минимальное расстояние «в» – от тела отливки до низа составляет:

в = 40–50 мм – для мелких опок;

в = 60–120 мм – для средних опок;

в = 120–150 мм – для крупных опок;

в = 20–120 мм – для стержневых знаков.

Минимальное расстояние «*с*» – от тела отливки до верха опоки принимается равным выбранному значению «*в*». Расстояние «*с*» от вер-

Витебский государственный технологический университет

ха опоки до стержневого знака составляет 50–150 мм. Расстояние между несколькими отливками, расположенными в одной опоке, составляет 25–50 мм – для мелких отливок.

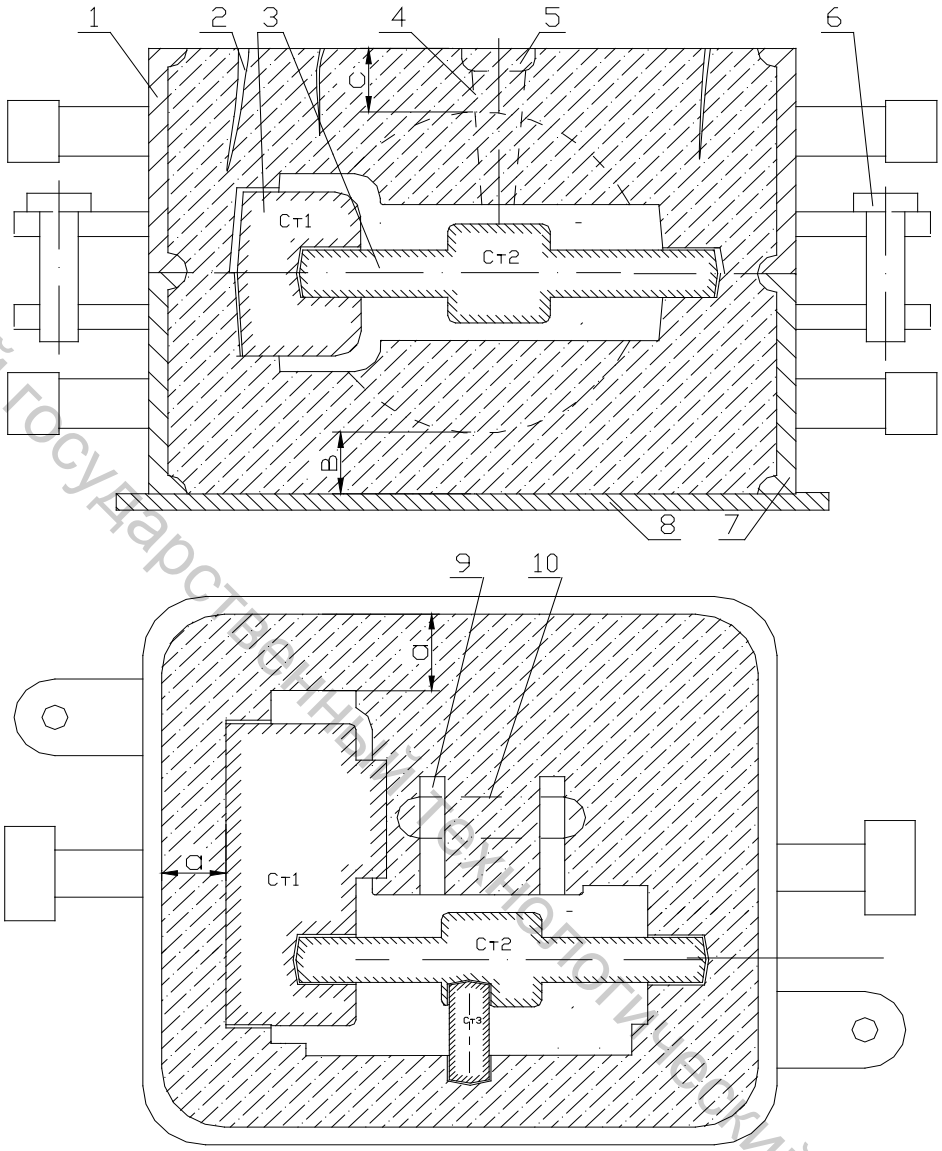


Рисунок 1.36 – Схема ориентации отливки рассматриваемой детали в опоках: 1 – верхняя опока; 2 – вентиляционный канал; 3 – стержни; 4 – стояк; 5 – литниковая чаша; 6 – центрирующие штыри; 7 – нижняя опока; 8 – подмодельная плита; 9 – питатель; 10 – шлакоуловитель

Сущность **литья в кокили** состоит в применении металлических литейных форм, используемых многократно для изготовления отливок одного типоразмера. При этом кокили формируют не только конфигурацию, но и свойства отливок.

Содержание основных технологических операций заключается в следующем:

1) подготовка кокиля к работе заключается в очистке рабочей

Витебский государственный технологический университет

полости и разъема от загрязнений, ржавчины, пригара;

2) на поверхность рабочей полости и металлические стержни наносят слой огнеупорного покрытия – облицовку и краску;

3) кокиль нагревается до рабочей температуры, зависящей в основном от состава заливаемого сплава и толщины стенки отливки (для серого чугуна – 300–350°С);

4) сборка кокиля заключается в установке стержней, соединения и скрепления половин кокиля;

5) заливка жидкого металла в кокиль;

6) после охлаждения отливки до заданной температуры кокиль раскрывают, извлекают металлические стержни и удаляют отливку из кокиля; предварительно, в начальной стадии охлаждения отливки, когда металл уже «схватился» и приобрел достаточную прочность, металлические стержни как-бы «подрывают», т. е. частично извлекают из отливки, чтобы исключить «захват» металлических стержней усаживающейся отливкой;

7) финишная операция – выбивка песчаных стержней, обрезка литников, прибыли, «выпоров»; контроль качества.

Кокиль – металлическая форма, обладающая по сравнению с большей песчаной теплопроводностью, теплоемкостью и прочностью, нулевой податливостью, газопроницаемостью и газотворностью. В связи с этим процесс формирования отливок, требования к конструкции отливок и их качество имеют ряд особенностей.

1. В связи с высокой теплопроводностью кокиля по сравнению с песчаной формой отливка охлаждается быстрее, вследствие чего заполняемость кокиля хуже, что осложняет получение отливок из сплавов с пониженной жидкотекучестью и ограничивает минимальную толщину стенок и размер отливок. Но при этом повышенная скорость охлаждения обусловливает получение плотных отливок с мелкозернистой структурой.

Вместе с тем, резко возрастает твердость в отбеленном поверхностном слое отливок, что затрудняет исследующую мехобработку и требует отжига для устранения отбела.

2. Кокиль практически неподатлив и поэтому препятствует усадке металла при охлаждении отливки, что затрудняет извлечение ее из кокиля и обусловливает возникновение внутренних напряжений, которые, в свою очередь, могут привести к появлению трещин и короблению.

Вместе с тем, кокиль обеспечивает получение более точных размеров отливок, соответствующим 12–15 квалитетам по СТ СЭВ 145-75. Следовательно, возможно снизить припуски на обработку.

Так как физико-химическое взаимодействие между металлом кокиля и отливки минимальное, то на поверхности отливки не образуется

Витебский государственный технологический университет

пригар, вследствие чего шероховатость поверхности кокильных отливок составляет 80 + 10 мкм.

Несмотря на минимальную газотворность кокиля, зависящую от состава огнеупорного покрытия, необходимо обеспечить беспрепятственное удаление воздуха и газов из кокиля при заливке, что требует создания вентиляционной системы из-за полной газонепроницаемости тела кокиля.

Вышеизложенные особенности формования отливки в кокиле определяют возможные варианты конструкций самих отливок и кокилей. Конструкции кокилей обычно классифицируются в зависимости от расположения поверхности разъема или способа охлаждения.

В зависимости от расположения поверхности разъема кокили бывают с горизонтальным разъемом, неразъемные (вытряхные), с вертикальным разъемом (рисунок 1.37) и со сложной (комбинированной поверхностью разъема).

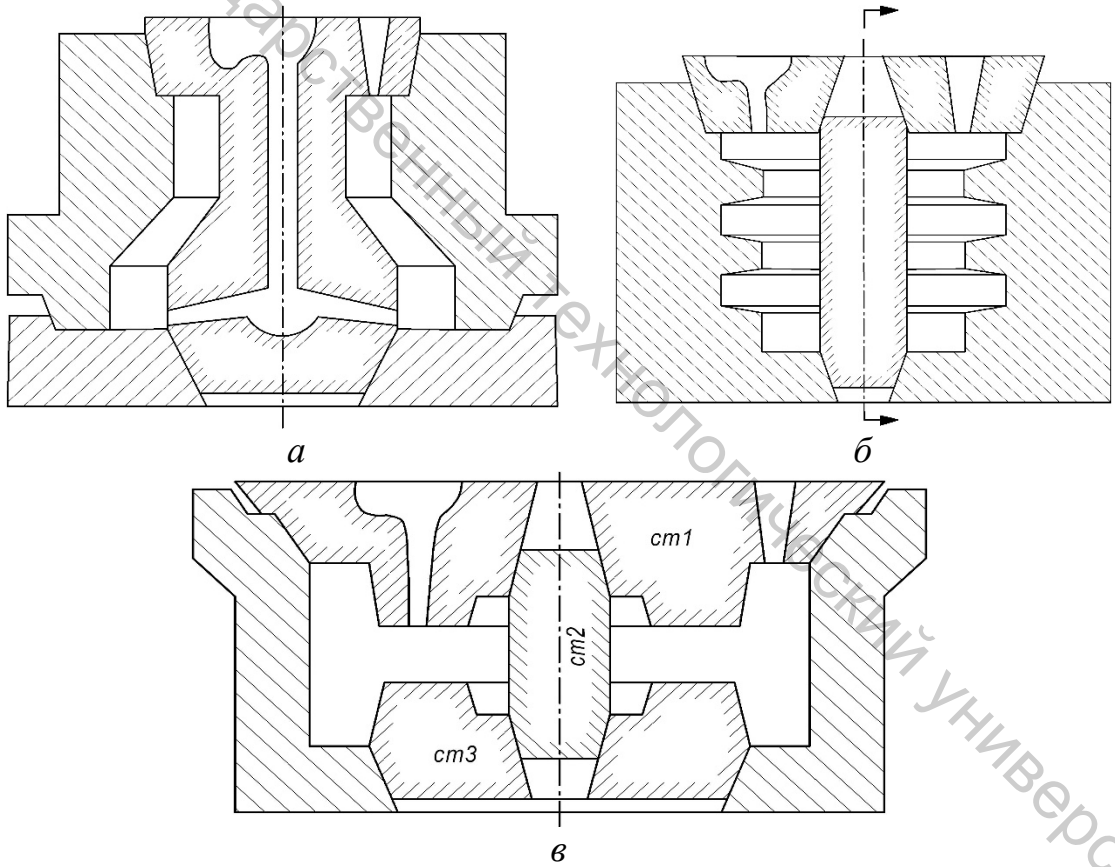


Рисунок 1.37 – Конфигурации кокилей: а – с горизонтальным разъемом и песчаным стержнем; б – вытряхной неразъемный; в – с вертикальным разъемом

Неразъемные кокили применяют для отливок простой конфигурации, позволяющей удалить их из кокиля вместе с литниками без разъема. Залитый кокиль поворачивают на 180° и как-бы вытряхивают из него остывшую отливку (поэтому эти кокили называются вытряхными).

Витебский государственный технологический университет

Кокили с горизонтальным разъемом применяют для крупногабаритных отливок простой конфигурации. Кокили с вертикальным разъемом применяют в тех случаях, когда при других видах разъема отливку невозможно извлечь из формы. Кокили со сложным разъемом используют для отливок сложной конфигурации. Кроме того, кокили с различными поверхностями разъема могут быть одноместными и многоместными.

В зависимости от способа охлаждения различают кокили с естественным или воздушным принудительным охлаждением, с жидкостным (вода, масло) охлаждением и комбинированным (водовоздушным) охлаждением.

Разработку *чертежа отливки* производят по чертежу готовой детали, при этом учитываются следующие правила.

Минимальная толщина отливки выбирается из таблицы 1.21, в противном случае не будет обеспечена необходимая прочность и затруднено заполнение формы и питание отливки при охлаждении.

Таблица 1.21 – Минимальная толщины отливок

Сплавы	Площадь поверхности стенки, $см^2$	Толщина стенки, мм
Чугун	до 25 25-125	4-5 6-7
Сталь	25-125	8
Алюминиевые	100-250 250-900 900	2,2-4,0 2,5-4,5 3,5-5,0
Магниевые	30	3
Бронза	30	4-6

Отливка не должна иметь резких переходов от тонких стенок к массивным. Допустимое соотношение (l_1/l_2) не должно превышать 1:4 с обеспечением длины перехода от l_1 к l_2 на участке $L \geq (4 \div 5)(l_2 - l_1)$;

Радиусы округлений при угловом сопряжении $R=(l_1+l_2)/2$.

Ребра жесткости должны иметь толщину $l_p=0.7*l_0$, l_0 – толщина стенки отливки.

Вертикальные стенки отливки должны иметь уклоны к поверхности разъема по таблице 1.22.

Отверстия и углубления в отливках могут выполняться металлическими и песчаными стержнями. Желательно – металлическими, но если контур отверстия не позволяет извлечь стержень после затвердевания отливки, то используется песчаный стержень. Кроме того, в песчаном стержне можно разместить рациональную литниковую систему.

Витебский государственный технологический университет

В чугунных отливках металлический стержень можно применить тогда, когда диаметр отверстия не менее 40 мм, а глубина – не более половины диаметра.

Таблица 1.22 – Уклоны стенок при литье в кокиль

Сплавы	Уклоны, % от высоты стенки отливки		
	Наружная поверхность отливки	Внутренняя поверхность, оформленная металлическим стержнем при высоте отливки, мм	
		до 50	свыше 50
Чугун при *H* стенки до 50	4-7	5	3
51-100	2-5	3	1,5
101-500	1-3	1,5	1
Сталь углеродистая	5	3	1

Требования к поверхности разъема и положению отливки в форме, а также к оформлению припусков, напусков, литейных уклонов аналогичны требованиям предъявляемым отливкам в песчано-глинистые формы. Допуски на размеры отливок принимают согласно приложения Ж.

Наиболее распространенный тип литниковой системы – подвод сверху, так как при этом сокращаются тепловые потери металла, (меньше путь подвода), сокращается расход металла на литники, и создаются условия для направленного затвердевания отливки.

Для чугунных отливок обычно используются запертые (т. е. суживающиеся) от стояка к питателю литниковые системы с соотношением

$$F_n : F_{л.,х,} : F_c = 1:1{,}15:1{,}25,$$

где F_n – площадь поперечного сечения питателя; $F_{л.,х}$ – площадь поперечного сечения литникового хода; F_c – площадь поперечного сечения стояка.

При выборе окончательного варианта технологической схемы кокиля в сборе со стержнями следует обратить внимание на следующие моменты:

1) при сборке кокиля стержни должны удобно вставляться в кокиль и надежно фиксироваться относительно внутренней полости кокиля и относительно друг друга, чтобы исключить их смещение в процессе заливки;

2) при извлечении отливки из кокиля металлические стержни должны свободно вынимаются из отливки и из кокиля. Что касается пес-

Витебский государственный технологический университет

чаных стержней, то они должны без труда извлекаться из кокиля, из самой отливки они могут быть извлечены при их разрушении;

3) в конструкции кокиля должна быть предусмотрена вентиляционная система, которая должна обеспечивать направленное вытеснение воздуха из кокиля расплавом металла. Для этого используются открытые выпоры, прибыли, специальные газоотводные каналы или зазоры по плоскости разъема.

Витебский государственный технологический университет

2 ЭТАП СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИИ

2.1 Синтез маршрутов обработки типовых компонентов детали

В процессе изготовления поверхности заготовки изменяют свое состояние от исходного C_0 до конечного $C_{кн}$. Состояние типовой поверхности характеризуется следующим символьным равенством

$$C_i = \left\langle КФ_i, \left\{A_j, TA_j\right\}_i, Ra_i, H_i \right\rangle, \quad (2.1)$$

где $КФ_i$ – код формы поверхности в i-ом состоянии; A_j – элемент множества размеров, характеризующих поверхность и ее относительное расположение; TA_j – параметр точности размера TA_j; Ra_i – параметр шероховатости поверхности в i -ом состоянии; H_i – характеристика ее твердости.

Промежуточное или окончательное состояние типовой поверхности достигается в результате выполнения технологических переходов. Изменение состояния поверхности от исходного до конечного, как правило, осуществляется за несколько технологических переходов, по мере выполнения которых постепенно повышается качество поверхности (точность размера и формы, точность положения, качество поверхностного слоя и т. д.). Каждое изменение состояния поверхности может осуществляться различными способами и на различном оборудовании.

Функция метода обработки *M* как преобразование поверхности из состояния C_{i-1} в более точное состояние C_i, может быть отражена

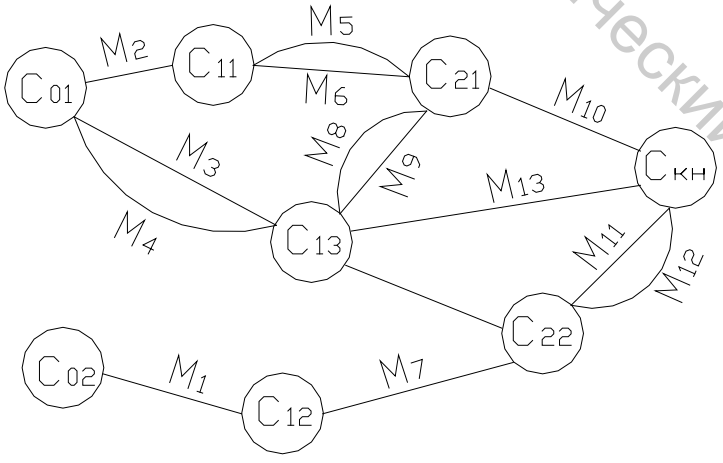


Рисунок 2.1 – Граф возможных вариантов маршрутов обработки типовой поверхности

условно дугой графа M_i с вершинами C_{i-1} и C_i. Если состояние C_i

Витебский государственный технологический университет

может быть достигнуто различными методами обработки M_1, M_2,...M_b, то совокупность их функций образует подграф с вершиной C_i. Множество состояний поверхности и методов их достижения можно отразить графом возможных вариантов маршрута ее обработки. Пример такого графа показан на рисунке 2.1. Любой путь на графе из C_0 (в данном случае два варианта исходных состояний C_{01} и C_{02}) в $C_{кн}$ будет одним из вариантов маршрута обработки типовой поверхности.

Каждый метод (способ, переход) характеризуется не только параметрами состояния поверхности, которые образуются после его реализации («выходом») но и параметрами состояния поверхности на «входе», то есть на заготовке (исходной или промежуточной). Кроме того, характеристикой выхода является удельная производительность метода (либо затраты основного времени).

Синтез маршрута обработки типовых поверхностей в курсовом проекте осуществляется двумя методами. С помощью первого метода, условно называемом *методом последовательного уточнения*, для одного типового компонента (согласно заданию) синтезируются возможные маршруты обработки на основе моделирования состояния показателей точности конечного и исходного состояния. Для всех остальных компонентов маршрут обработки назначается с помощью стандартных технологических регламентов обработки комплексных ФМ, а также схем снятия припуска (приложение И, К).

Таблица типовых переходов приведена в приложении Л. Рассматриваются только элементарные и некоторые инструментальные переходы. Переходы группируются по группам станков, инструментам и (или) видам обрабатываемых поверхностей. Каждому переходу присвоен порядковый номер (код) и условное обозначение. Фрагмент этой таблицы показан в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Классификатор переходов механической обработки

№		Наименование переходов
		Токарные и расточные (в операциях: токарно-револьверная; токарно-карусельная; токарно-копировальная; токарная с ЧПУ; токарно-винторезная; токарно-автоматная, агрегатная; горизонтально-расточная; вертикально-расточная; координатно-расточная; алмазно-расточная; программно-комбинированная)
001	ОБТПр	обтачивание продольное
002	ОБТПо	обтачивание поперечное (канавок, уступов, фасонное)
003	РАСПр	растачивание продольное (ток)
004	РАСПо	растачивание поперечное (канавок, уступов, фасонное)
005	ПОДТ	подрезание торца
006	ОБПрг	обтачивание программное

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.1

007	РАПрг	растачивание программное
008	НАРФЛ	накатывание рифлений
009	ОТРЗ	отрезание
010	РСТПрр	растачивание продольное (раст)
011	РСТПрб	растачивание продольное блоком (пластиной)
012	РСТПА	растачивание алмазное
…	…	…

Синтез вариантов последовательности переходов обработки по первому методу осуществляется с помощью приложений М, Н, П следующим образом:

Шаг 1. Согласно кодификатору типовых поверхностей (таблицы приложения П) формируется (с учётом класса формы детали) шестизначный код поверхности. Выделяются только 3 класса форм детали: 1) тела вращения (**D = 1**); 2) корпусные детали (**D = 2**); 3) рычаги (**D = 3**). Значение **D** будет первой цифрой кода. Затем формируется код класса (1 – поверхности вращения; 2 – плоские поверхности; 3 – винтовые поверхности; 4 – зубчатые поверхности). После этого выбираются коды подкласса, группы, вида и типа обрабатываемой поверхности.

Например, согласно заданию, необходимо синтезировать маршрут для отверстия 4 (7-ой квалитет точности диаметром 40 мм, длинной 20 мм, с Ra = 1,6 мкм). Тогда согласно таблице П.1 приложения П код обрабатываемой поверхности будет 211212.

Шаг 2. Рекомендуется вначале с помощью классификатора типовых переходов выбрать все возможные для данной поверхности переходы обработки, а затем проверить свои знания с помощью таблицы соответствия кода поверхности кодам переходов (приложение М).

Для рассматриваемого примера это будут следующие коды: 003 РСТПр (растачивание продольное на токарных станках); 007 РАПрг (растачивание программное); 010 РСТПрр (растачивание продольное резцом); 011 РСТПрб (растачивание продольное блоком (пластиной)); 012 РСТПА (растачивание алмазное); 013 СВР (сверление, которое отбрасывается, так как у заготовки уже сформировано отверстие); 014 РСВР (рассверливание); 015 ЗНКР (зенкерование); 016 РЗВР (развёртывание); 019 ГСВР (глубокое сверление, которое сразу отбрасывается, так как длинна отверстия меньше его диаметра); 020 ЦЕНТР (зацентровка, которая отбрасывается, так как отверстие в заготовке уже есть); 043 ШЛКрВнВ (круглое внутреннее врезное шлифование); 044 ШЛКрВнП (круглое внутреннее продольное шлифование); 052 ХНГ (хонингование); 062 ВГЛКрВн (выглаживание круглое внутреннее); 066 РСККрШр (раскатывание круглое шариком); 067 РСККрРл (раскатывание круглое роликом).

Затем обращаемся к приложению Н, в котором указывается не только код метода, но и его вариации в зависимости от уровня требуе-

Витебский государственный технологический университет

мой точности обработки, которая достигается: 0 – обдирочной; 1 – предварительной; 2 – чистовой; 3 – отделочный и 4 – однократной обработкой. На это указывает последняя цифра кода. Для каждого типа перехода (от 1 до 4) указывается квалитет (а для винтовых и зубчатых поверхностей – степень) точности на выходе и на входе в него. Кроме того, указываются: показатель шероховатости, дополнительные условия (по твёрдости, размерам и припускам) осуществления перехода. Фрагмент приложения Н показан в таблице 2.2.

Шаг 3. Из приложения Н в соответствии с отобранными в шаге 2 кодами переходов отбираем те уточненные коды переходов, которые обеспечивают уровень точности равный или более низкий, чем заданный условиями задачи. Не отбираются те переходы, которые не соответствуют условиям осуществимости по размерам или твердости. Если заданная твердость превышает ограничения, накладываемые на этот показатель для однократной или предварительной обработки (с уровнем точности ниже 9 – го квалитета), то перед отделочной (чистовой) обработкой вводятся термическая обработка (ТО), которая доводит уровень твердости от исходного значения до заданного.

Таблица 2.2 – Показатели качества, индивидуальные условия выбора

Код перехода	Размеры	Припуск на сторону	Показатели качества				Условия (HRC)
			Вход		Выход		
			IT	Ra	IT	Ra	
1	2	3	4	5	6	7	8
0014	D(10-300)	2…5	17…19	25…60	10…12	3,2…6,3	< 20
0010	L(30-1000)	2…5	17…19	25…60	15…16	12,5…25	< 20
0011		1,5…4	17…19	25…60	12…14	6,3…12,5	< 20
0012		1…2	12…14	6,3…12,5	8…10	0,8…3,2	28…32
0013		0,3…0,5	8…10	0,8…3,2	6…7	0,2…0,8	28…32
0024	D(10…300)	Напуск	14…17	12,5…25	9…14	3,2…6,3	< 20
0021	L(2…30)	Напуск	14…17	12,5…25	12…14	6,3…12,5	< 20
0022		1…3	10…14	6,3…12,5	9…11	2,5…3,2	28…32
…	…	…	…	…	…	…	…

Результаты этого шага для заданного примера занесены в промежуточную таблицу 2.3. В нее не включаются ранее отброшенные переходы, как несоответствующие заданной точности (выше ее) и условиям осуществимости.

Шаг 4. Квалитет точности конечного состояния (в рассматриваемом примере – 7-й) сравнивается последовательно в каждой строке промежуточной таблицы с квалитетом точности из диапазона, записанного в столбце «выход».

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.3 – Промежуточная таблица

Уточненные коды переходов	Характеристики точности	
	На входе	На выходе
0034	17…19	10…12
0030	17…19	15…16
0031	17…19	12…14
0032	12…14	8…10
0033	8…10	6…7
0074	17…19	10…12
0070	17…19	15…16
0071	17…19	12…14
0072	12…14	8…10
0073	8…10	6…7
0104	17…19	10…12
0100	17…19	15…16
0101	17…19	12…14
0102	12…14	8…10
0103	8…10	6…7
0114	17…19	10…12
0110	17…19	15…16
0111	17…19	12…14
0112	12…14	8…10
0113	8…10	6…7
0123	7…8	5…6
0144	13….16	9….12
0154	13…17	11…13
0151	13…17	11…13
0152	10…13	9…10
0161	10…14	9…10
0162	9…10	7…8
0163	7…8	5…6
0434	12…14	6…8
0431	12…14	8…10
0432	8…9	6…7
0433	6…7	5…6
0444	12…14	6…8
0441	12…14	8…10
0442	8…10	6…7
0443	6…7	5…6
0521	9…10	7…8
0522	7…8	5…6
0523	5…6	4…5
0624	6…8	6…8
0664	6…8	6…8
0674	6…8	6…8

При этом возможны следующие варианты:

1. $IT_{зд} \in \{IT_{таб}\}$,

Витебский государственный технологический университет

2. $IT_{зд} \notin \{IT_{таб}\}$,

где $IT_{зд}$ – заданный квалитет точности конечного состояния; $\{IT_{таб}\}$ – диапазон табличных значений квалитета точности на «выходе».

В случае 2 осуществляется переход к следующей строке промежуточной таблицы без записи. В случае 1 из заданной строки выписываются: в столбец «вход» таблицы А (шаг 4) соответствующее округленное значение квалитета точности из столбца «на входе» столбца промежуточной таблицы, а также соответствующий код перехода. Значение квалитетов точности из столбца «Вход» этой таблицы сравнивается с квалитетом точности заготовки. При их совпадении данная строка таблицы изымается из дальнейшего рассмотрения. Если в результате выполнения перехода точность не повышается (полирование, выглаживание, другие виды ППД), а только снижается уровень *Ra* ,то следует рассмотреть дополнительно требования к уровню показателя шероховатости.

Если не оговорена степень точности формы, то принимаем ее нормальной, для которой *Ra* = 0.05*T*, где *T* – допуск на размер обрабатываемой поверхности. Если требуемое значение показателя шероховатости *Ra*<0,4(0,05*T*), то указанные переходы необходимо использовать либо как отдельные, либо в комбинации с тонким точением. Для рассматриваемого примера *Ra*=0,05*25=1,25 мкм, поэтому переходы 0624, 0664 и 0674 использоваться не будут.

Таблица А (шаг 4)

Выход	Код переход	Вход
7	0033	10
7	0073	10
7	0103	10
7	0113	10
7	0162	9
7	0432	9
7	0434	13
7	0521	9
7	0624	7
7	0664	7
7	0674	7

Шаг 5. Повторяется шаг 4, только в качестве выходного показателя принимаются значения квалитета точности из столбца «Вход» таблицы А (шаг 4). Это *JT*= 9; 10; 13. В результате получаются три таблицы: А (шаг 5); Б (шаг 5); В (шаг 5).

Витебский государственный технологический университет

Таблица А (шаг 5)

Вы-ход	Код перехода	Вход
9	0032	13
9	0072	13
9	0102	13
9	0112	13
9	0144	13
9	0152	10
9	0431	13
9	0441	13

Таблица Б (шаг 5)

Вы-ход	Код перехода	Вход
10	0034	16
10	0032	14
10	0074	16
10	0072	14
10	0104	16
10	0102	14
10	0114	16
10	0112	14
10	0144	14
10	0161	14
10	0431	14
10	0441	14

Таблица В (шаг 5)

Вы-ход	Код перехода	Вход
13	0031	16
13	0071	16
13	0101	16
13	0111	16
13	0154	16
13	0151	16

Шаг 6. Повторяется предыдущий шаг, только в качестве выходного показателя принимают значение квалитета точности из столбца «вход» предыдущих таблиц. Повторение продолжается до тех пор, пока в полученных таблицах либо квалитет точности в столбцах «вход» будет соответствовать квалитету точности заготовки, либо квалитет точности столбца «Вход» данных таблиц отсутствует в столбце «на входе» промежуточной таблицы.

В таблице (i + 1)–го шага в столбцы «Вход» не включаются те квалитеты точности столбцов «Вход» i–го шага, которые есть в столбцах «Вход» этого же шага.

Результаты выполнения шестого шага занесены в таблицу А (шаг 6).

Шаг 7. Построение вариантов маршрута обработки типового компонента заготовки осуществляется путем последовательного объединения одинаковых квалитетов точности «входа» из таблицы *i* – го шага с «выходом» таблицы (*i* + 1-го) шага, при этом образуется цепочки переходов.

Таблица А (шаг 6)

Выход	Код перехода	Вход
14	0031	16
14	0071	16
14	0101	16
14	0111	16

Если они заканчиваются квалитетом точности, меньшим, чем у заготовки, то такие цепочки отбрасываются.

Результаты выполнения данного шага для рассматриваемого примера показываются в виде графа (рис. 2.2).

Витебский государственный технологический университет

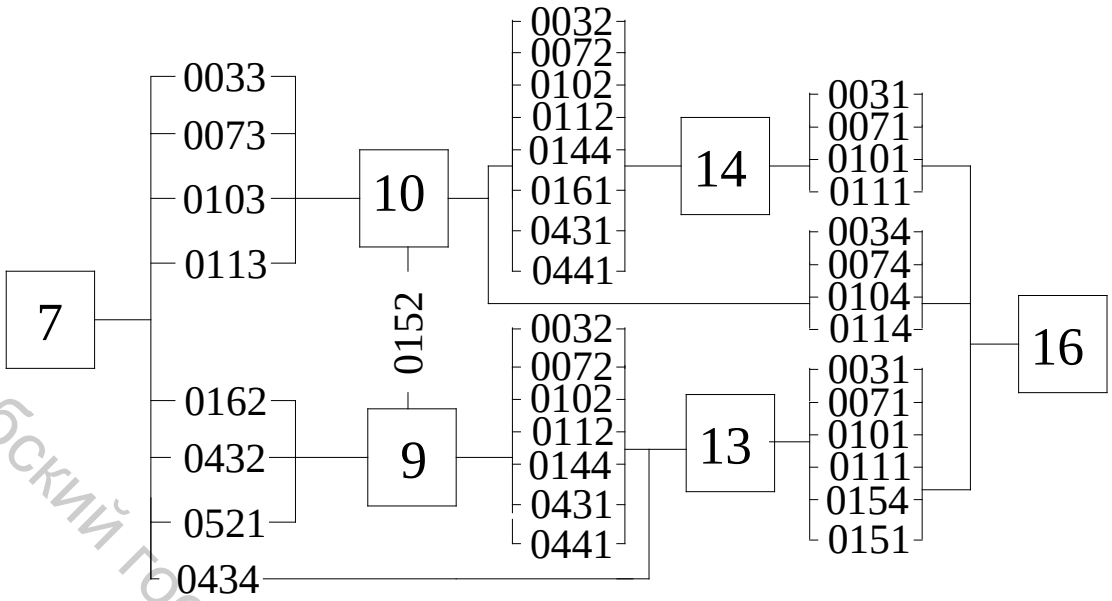


Рисунок 2.2 – Граф вариантов маршрута обработки поверхности

Таблица 2.4 – Варианты маршрута обработки отверстия с двумя переходами

№	Варианты последовательности кодов
1	0033 – 0034
2	0033 – 0074
3	0033 – 0104
4	0033 – 0114
5	0073 – 0034
6	0073 – 0074
7	0073 – 0104
8	0073 – 0114
9	0103 – 0034
10	0103 – 0074
11	0103 – 0104
12	0103 – 0114
13	0113 – 0034
14	0113 – 0074
15	0113 – 0104
16	0113 – 0114
17	0434 – 0031
18	0434 – 0071
19	0434 – 0101
20	0434 – 0111
21	0434 – 0154
22	0434 – 0151

Витебский государственный технологический университет

Шаг 8. Сокращение числа вариантов маршрута обработки типового компонента детали осуществляется путем их сравнения по критериям предпочтения. Могут учитываться следующие критерии: 1 – число переходов; 2 – ассортимент станко–переходов; 3 – затраты основного (машинного) времени на цепочку переходов. Необходимо стремиться к минимизации указанных критериев. Если не требуется обеспечить высокую точность взаимного расположения (соосность, перпендикулярность и т. д.), то предпочтительнее переходы, в которых размер получается за счет размера инструмента. В рассматриваемом примере это рассверливание, зенкерование, развертывание, протягивание, прошивание. Следует выбирать переходы с более дешевым инструментом.

Согласно первому критерию отбрасываются все маршруты, состоящие из трех переходов (таблица 2.4). Согласно второму критерию отбрасываются маршруты, выполняемые на разном оборудовании. Затраты штучного времени для оставленных маршрутов оцениваются с помощью моделей наиболее вероятного основного времени, которые приведены в приложении Н. Так, для растачивания предварительного рассматриваемого отверстия

$$t_o = 0{,}000134DL = 0{,}000134 \cdot 40 \cdot 11 = 0{,}059 \text{ мин.},$$

а для шлифования предварительного

$$t_o = 0{,}000146DL = 0{,}000146 \cdot 40 \cdot 11 = 0{,}064 \text{ мин.}$$

После расчетов необходимо сравнить суммарное время и окончательно принять маршрут обработки типового компонента.

При формировании вариантов маршрута обработки следует помнить, что нарушение монотонного повышения точности по мере последовательного выполнения его переходов нарушается термической обработкой, которая проводится в средине маршрута. Это особенно важно для деталей относительно небольшой жесткости. Кроме того, если деталь подвергается частичной цементации, а рассматриваемая поверхность защищается от цементации припуском П, большим, чем глубина цементации, то эта химико-термическая обработка делится на две операции: цементация и закалка, между которыми необходимо предусмотреть переход для удаления этого припуска.

Как было отмечено выше, для всех других поверхностей маршрут обработки определяется с помощью технологических регламентов. Структура технологического регламента приведена в таблице.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.5 – Структура технологического регламента

N перехода	Код функционального модуля и технологического регламента			
1	N1	O1	T1	Э1
2	N2	O2	T2	Э2
...	...	...	...	...
n-1	Nn-1	On-1	Tn-1	Эn-1
n	Nn	On	Tn	Эn
где N – обрабатываемая поверхность согласно схеме распределения припуска с индексом этапа (п-предварительный, ч-чистовой, о-отделочный); О – набор кодов характеризующих наименование перехода; Т – код вида режущего инструмента и его размерной характеристики (приложение Р); Э – код распределения перехода в этап типовой схемы изготовления детали				

Используя таблицу соответствия функциональных модулей (раздел 1.1.1) методом адресации из соответствующего комплексного технологического регламента (приложения И, К) формируется совокупность переходов для обработки поверхностей ФМ. Причем следует учитывать то, что если показатели качества каких-либо поверхностей рассматриваемого ФМ ниже показателей качества комплексного ФМ, то для дальнейшего оперирования выбираются переходы обеспечивающие данные показатели качества, а переходы с помощью которых можно получит более высокие показатели качества отбрасываются. Также на данном этапе формируются схемы распределения припуска для обработки рассматриваемого ФМ по этапам типовой схемы обработки.

Так для модуля ФМ ОВБ6 отбросив из схемы снятия припуска с комплексного ФМ (рисунок 2.3 (приложение И)) и технологического регламента (таблица 2.6 (приложение К)) поверхности отсутствующие в модуле (6, 7, 9, 10) и соответствующие переходы (№ 2, 7, 12, 14) получается схема распределения припуска и технологический регламент для данного модуля (рисунок 2.4, таблица 2.7).

Последним шагом выполнения данной процедуры проектирования ТП будет распределение отобранных переходов обработки типовых поверхностей детали по этапам типовой схемы обработки деталей соответствующего класса (или подкласса). Типовая схема обработки – последовательность этапов – является вариантом полного типового решения. Главным признаком этапа типовой схемы обработки является уровень качества, достигаемый по его завершении.

Как показывает практика машиностроения, наращивание точности формы, размеров и взаимного расположения поверхностей (функциональных модулей) детали, повышение качества ее поверхностей должно осуществляться, по возможности, одновременно по всем основным элементам детали. Для этого сначала следует достичь одного уровня качества для основных поверхностей, затем начинать их повторную обработку, стремясь к следующему уровню качества, и так до тех пор, пока

Витебский государственный технологический университет

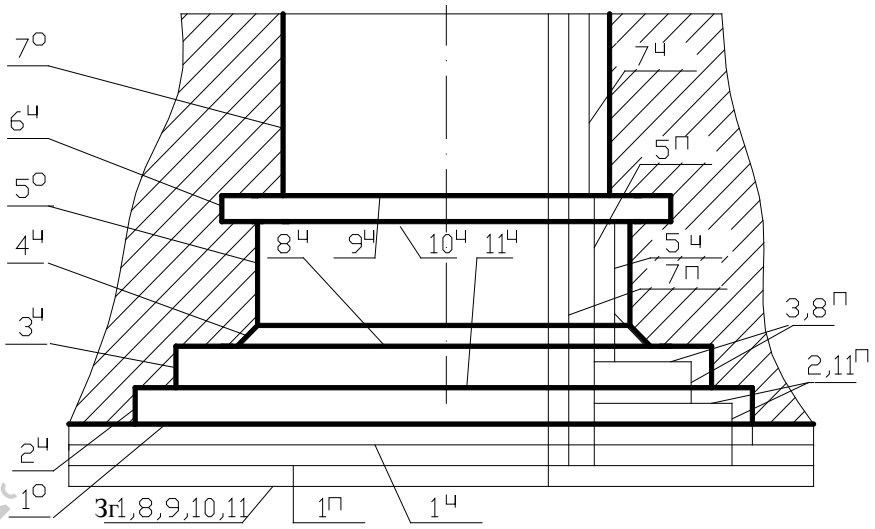


Рисунок 2.3 – Схема распределения припуска по этапам типовой схемы обработки

Таблица 2.6 – Комплексный технологический регламент обработки ФМ ОВБ6

	ТР ОВБ6			
1	$1^{п}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
~~2~~	~~$7^{н}$~~	~~0101 РСТПрр~~	~~0110(1) 0104(5)~~	~~1~~
3	$5^{п}$	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	1
4	$2,11^{п}$	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	1
5	$3,8^{п}$	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
6	$1^{ч}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	4-5
~~7~~	~~$7^{ч}$~~	~~0101 РСТПрр~~	~~0110(1) 0104(5)~~	~~4-5~~
8	$5^{ч}$	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	4-5
9	$2,11^{ч}$	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	4-5
10	$3,8^{ч}$	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	4-5
11	$4^{ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0104(5) 0110 0104(5)	4-5
~~12~~	~~$6,9,10^{ч}$~~	~~0234 ФРЗПэД~~ ~~0044 РСТПо~~	~~0504~~ ~~0106(7.8)~~	~~4-5~~
13	$1^{ч}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	4-5
~~14~~	~~$7^{ч}$~~	~~0101 РСТПрр~~ ~~0443 ШЛКрВнП~~	~~0110(1) 0104(5)~~ ~~0701~~	~~6~~
15	$5^{ч}$	0101 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110(1) 0104(5) 0701	6

Витебский государственный технологический университет

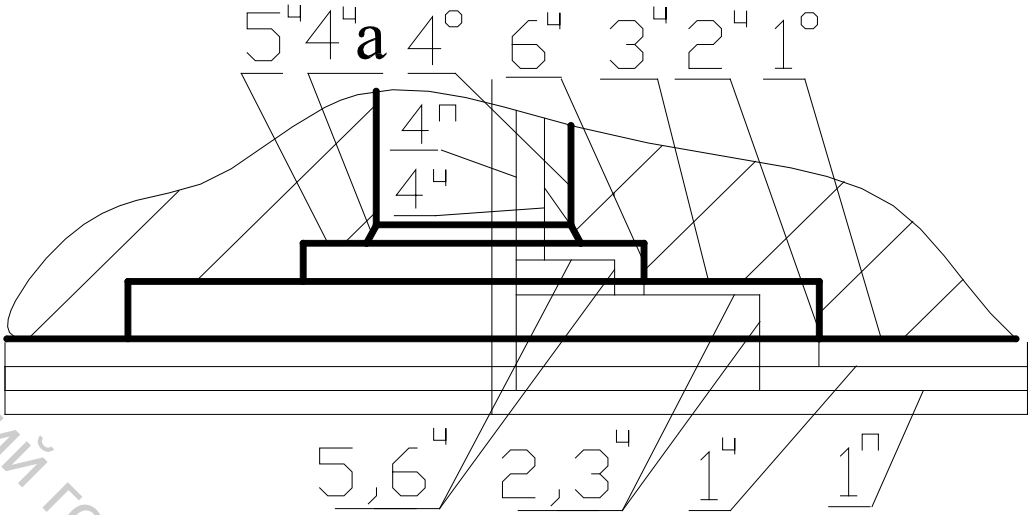


Рисунок 2.4 – Схема распределения припуска для рассматриваемого модуля

Таблица 2.7 – Технологический регламент обработки рассматриваемого ФМ

	ТР ОВБ6			
1	$1^{п}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
2	$4^{п}$	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	1
3	$2,3^{п}$	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	1
4	$6,5^{п}$	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
5	$1^{ч}$	0212 ФРЗПлТ 0052 ПОДТ	0510 0110	4-5
6	$4^{ч}$	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	4-5
7	$2,3^{ч}$	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	4-5
8	$6,5^{ч}$	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	4-5
9	$4^{а\ ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0104(5) 0110 0104(5)	4-5
10	$1^{о}$	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
11	$4^{о}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110(1) 0104(5) 0701	6

не будут обеспечены показатели качества (квалитет точности, показатель шероховатости и твердость), заданные чертежом. Причиной разде-

Витебский государственный технологический университет

ления технологического процесса изготовления детали на этапы служит также необходимость включения внестаночных операций – химико-термической обработки и нанесения покрытий. В зависимости от целей и назначения внестаночных операций определяется их место в технологическом процессе и назначение требований к обработке детали, предшествующей этим операциям.

Количество этапов и их содержание зависит от конструктивных особенностей той группы деталей, для которой разработана типовая схема обработки. Это уровень жесткости, возможность базирования и закрепления заготовки без повреждения уже обработанных поверхностей, требования к уровню и виду внутренних остаточных напряжений (например, при изготовлении точных ходовых винтов необходимо назначать шесть термических операций: отжиг обычный и стабилизующий, закалка и три стабилизирующих отпуска). Поскольку количество этапов зависит от точности заготовки, то типовая схема обработки должна учитывать тип производства. В массовом производстве стремятся уменьшить количество этапов и, если это позволяет конструкция и требования к точности детали, совмещать в одной операции обработку поверхностей с отличающимися уровнями точности.

В таблице 2.8 приведена типовая схема обработки корпусных деталей, заготовки которых изготовлены литьем. Здесь для каждого этапа приводится только квалитет точности размеров, так как другие параметры качества обычно связаны с ним. Так параметр шероховатости в зависимости от геометрической точности можно определить из выражения

$$Ra = K\,(IT), \tag{2.2}$$

где K – коэффициент, равный для нормальной геометрической точности 0,05, для повышенной – 0,025, для высокой – 0,012; (IT) – допуск соответствующего размера.

Таблица 2.8 – Типовая схема обработки корпусных деталей

№	Наименование этапа	Содержание этапа	I T
1	2	3	4
0	Заготовительный	Изготовление заготовки и ее подготовка к обработке	18-20
1	Предварительный	Удаление напусков и части припусков с основных и вспомогательных баз, крупных плоскостей и отверстий	14-15
2	Термический	Старение искусственное	15-16
3	Малярный 1	Грунтование исходных поверхностей	

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.8

1	2	3	4
4	Чистовой 1	Обработка основных и вспомогательных баз, плоскостей, фасок и канавок для выхода инструмента	12-14
5	Чистовой 2	Обработка крепежных отверстий, мелких плоских поверхностей, пазов	9-12
6	Отделочный	Окончательная обработка конструкторских баз	5-8
7	Малярный 2	Нанесение лакокрасочных покрытий	

При нормальной геометрической точности допустимая погрешность формы составляет 0,3 допуска, при повышенной – 0,2 допуска, а при высокой – 0,12 допуска на соответствующий размер. Степень точности расположения (параллельность, соосность, перпендикулярность) связаны с квалитетом точности следующим образом:

Квалитет точности …… 7 8 9 10 11 12 14
Степень точности расположения 6 7 8 9 10 11 12

Данные анализа сводятся в таблицу распределения переходов по этапам.

Таблица 2.9 – Распределение переходов по этапам

Поверхности	**Этап**		
	Предварительный	**Чистовой**	**Отделочный**
1	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0212 ФРЗПлТ 0052 ПОДТ	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ
2, 3	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	
…	…	…	..

Таким образом, распределение переходов по этапам типовой схемы обработки является первым шагом их упорядочения во времени.

2.2 Синтез маршрута обработки заготовки

Каждый предыдущий этап типовой схемы обработки детали является заготовительным для последующего. Поэтому *для каждого этапа* необходимо определить базы для обработки на первой и на последующих операциях, порядок обработки и смены баз.

Определение порядка обработки и смены баз можно производить двумя методами: 1) с помощью «отсеченных» графов на этапах типовой схемы; 2) с помощью определения всех возможных комплектов баз ориентации поверхностей и последующего их анализа. Второй метод является более формализованным. Первый удобен для «ручного» применения.

Витебский государственный технологический университет

Для реализации ***первого метода*** необходимо выполнить следующие шаги.

Шаг 1. Для каждого этапа механической обработки необходимо построить графическую модель состояния заготовки после его завершения. На этой модели отмечаются номера главных поверхностей ФМ, а также проставляются обозначения размеров (таблица 2.10).

Таблица 2.10 – Обозначение осей

Этап	**Оси**		
	X	Y	Z
Предварительный	An	Bm	Ck
Чистовой	$K_{...}$	$L_{...}$	$M_{...}$
Отделочный	$P_{...}$	$R_{...}$	$S_{...}$

Причем для укорочения технологических размерных цепей обозначения размеров проставляются сообразно с их простановкой на чертеже. Диаметры обозначаются буквами D с индексами соответственно: з – заготовка, п – предварительный этап, ч – чистовой, о – отделочный. Поверхности индексируются так же. Двойной линией (или посредством выделения другим цветом) на моделях заготовки указываются обрабатываемые на рассматриваемом этапе поверхности.

На рисунках 2.5, 2.6 и 2.7 приведены графические модели состояния рассматриваемой заготовки для предварительного, чистового и отделочного этапов со всеми необходимыми обозначениями.

Шаг 2. Строятся графы размерных связей главных поверхностей ФМ для этапов. При этом надо учитывать, что объект производства, полученный в результате реализации предыдущего этапа, является заготовкой для последующего. На графах двойной окружностью обозначаются поверхности, формообразование которых завершилось на предыдущем этапе, одной – поверхности, получаемые на рассматриваемой операции и операции ее обработки на предыдущем этапе. Причем на графах для предварительного этапа достаточно отразить лишь одну поверхность, формообразование которой завершилось на заготовительном этапе и имеющую единственную размерную связь с комплексом обрабатываемых на этапе поверхностей. Внутренние и наружные главные поверхности ФМ вращения на графах представлены только своими осями, так как именно они участвуют в образовании комплектов технологических баз.

Графы размерных связей для предварительного этапа показаны на рисунке 2.8, а для чистового и отделочного – на рисунках 2.9 и 2.10.

Шаг 3. Формируется таблица возможности обработки групп поверхностей. Признаками группирования поверхностей являются вектор доступности поверхности для обработки, а также возможность обработки ряда поверхностей с одного установа на одном виде оборудования (см. приложение С).

Витебский государственный технологический университет

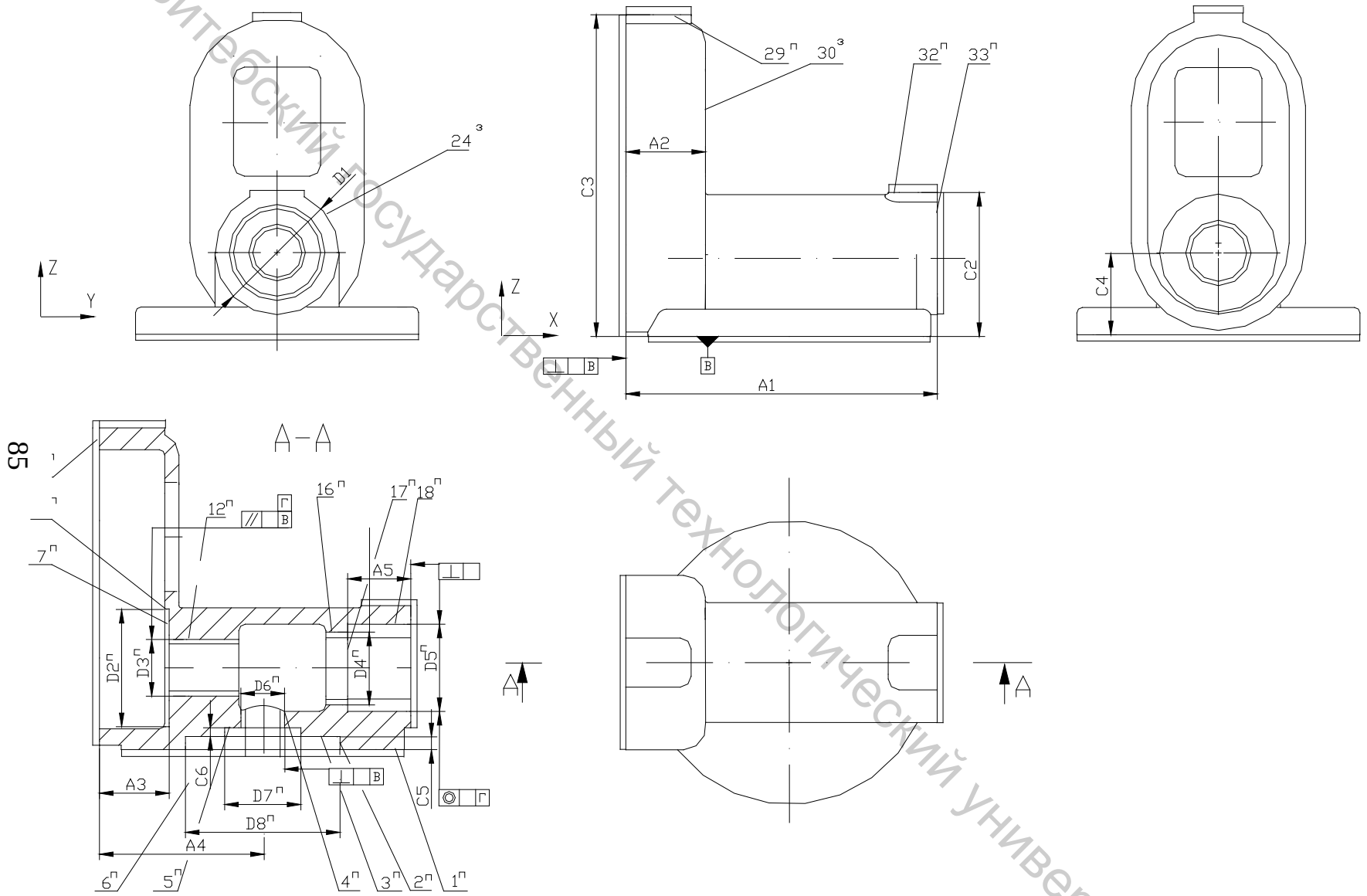


Рисунок 2.5 – Модель состояния объекта производства после предварительного этапа

Витебский государственный технологический университет

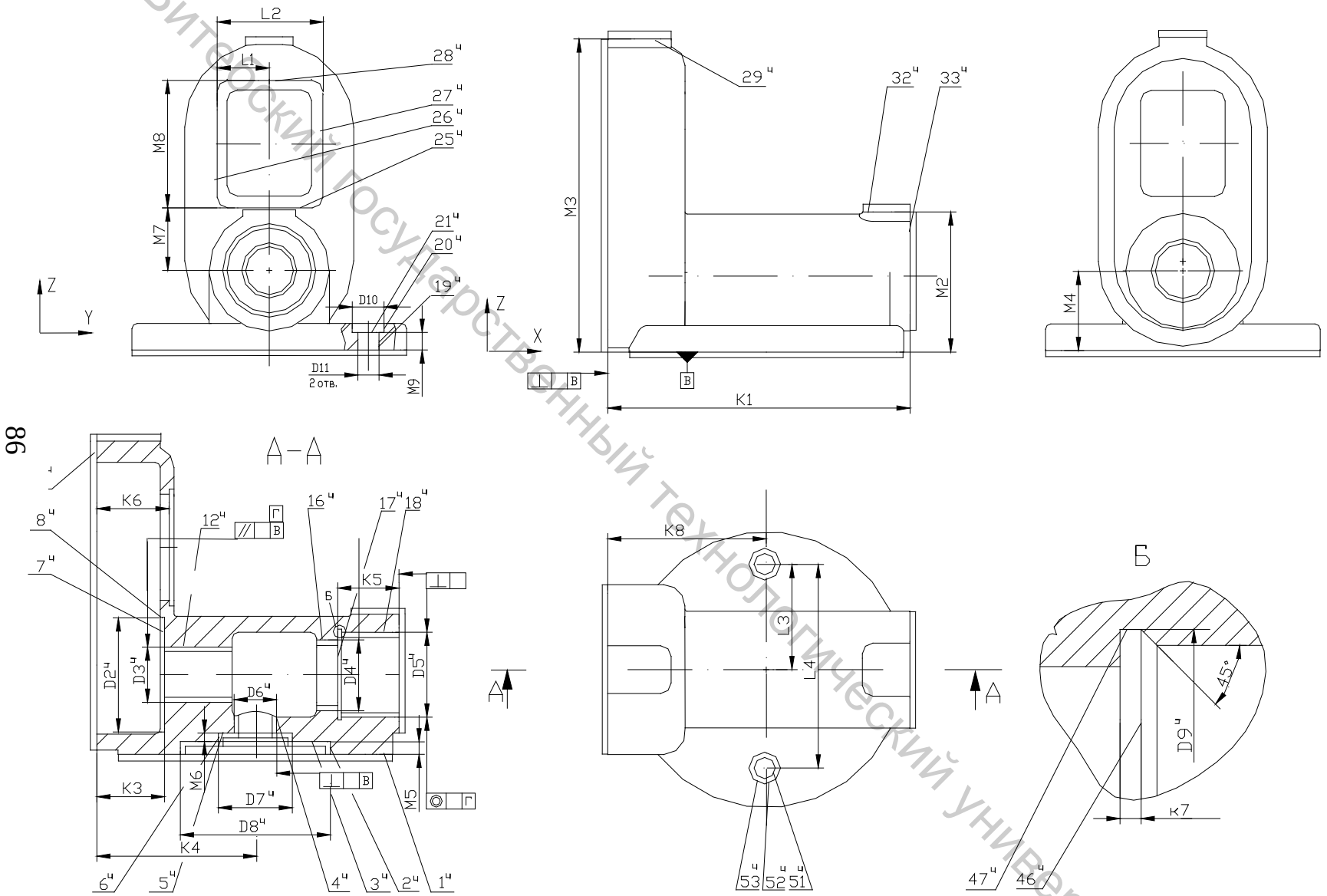


Рисунок 2.6 – Модель состояния объекта производства после чистового этапа

Витебский государственный технологический университет

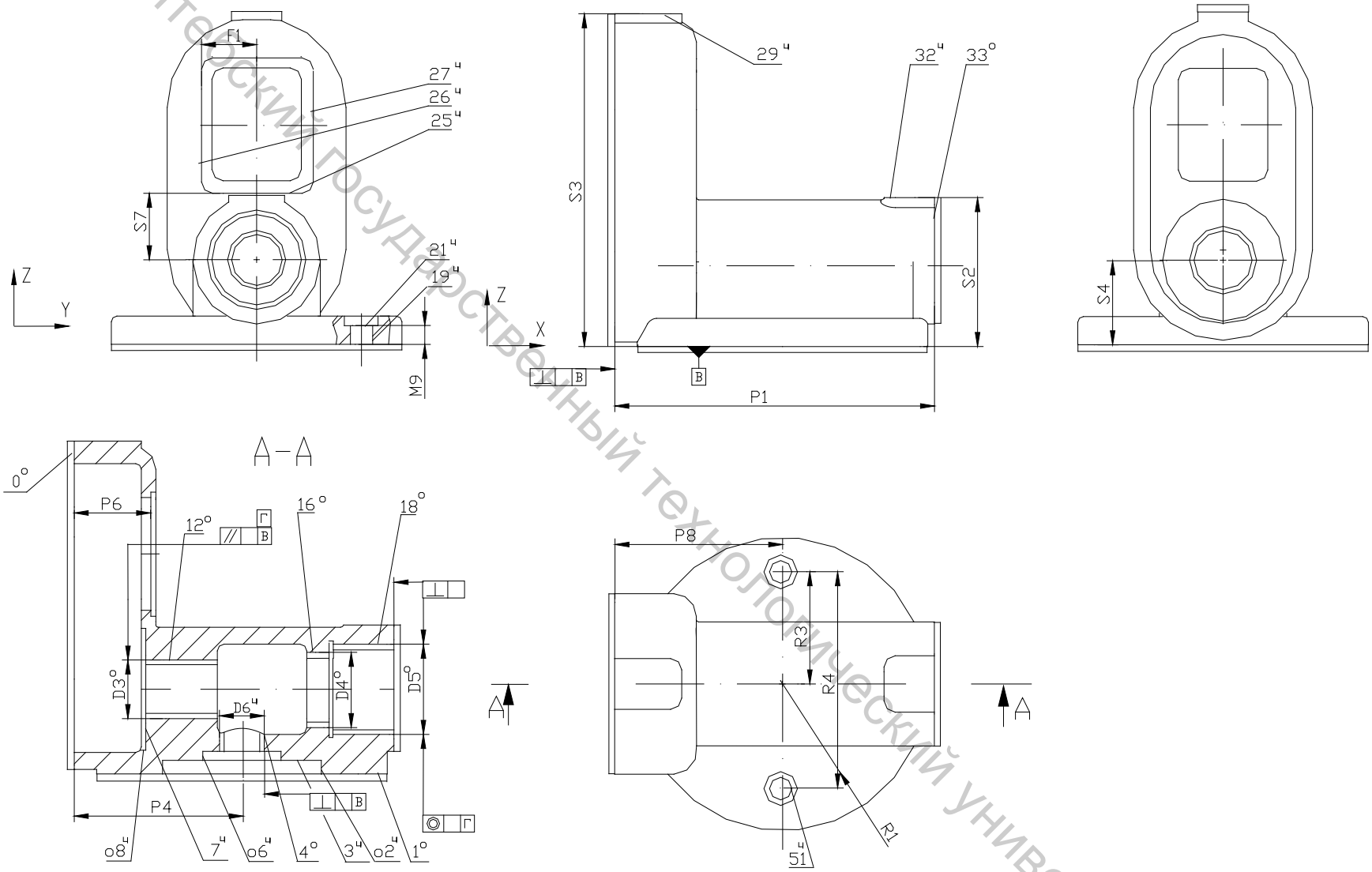


Рисунок 2.7 – Модель состояния объекта производства после отделочного этапа

Витебский государственный технологический университет

Пусть в исходных данных имеются следующие станки: многооперационные станки с ЧПУ, вертикально-фрезерный, расточной, карусельный, сверлильный. Если в задании имеются многооперационные станки с ЧПУ, оснащенные поворотным столом, тогда в одну группу могут включаться поверхности, расположенные с разных сторон детали. Группы для рассматриваемого этапа приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Возможность обработки групп поверхностей на станках

Станки	**Группы поверхностей**			
1 Многоцелевой с ЧПУ	о12, 10, 7, о8	1, 3, 5 о2, о4, о6	33, о16, о18, 17	32, 29
2 Карусельный	1, 3, 5 о2, о4, о6	33, о16, о18, 17		
3 Горизонтально-расточной	1, 3, 5, о2, о4, о6	33, о16, о18, 17	о12, 7, о8, 10	
4 Вертикально-фрезерный	32	10	1	33
	29			
5 Сверлильный	о12	о4	о16	
6 Многоцелевой с поворотным столом	*о12, 10, 7, о8*	*1, 3, 5, о2, о4, о6*	*33, о16, о18, 17*	*32, 29*
	о12, 10, 7, о8 *1, 3, 5, о2, о4, о6*	*о12, 10, 7, о8* *33, о16, о18, 17*	*о12, 10, 7, о8* *32, 29*	*1, 3, 5 о2, о4, о6* *33, о16, о18, 17*
	1, 3, 5 о2, о4, о6 *32, 29*	*33, о16, о18, 17, 32, 29*		
	1, 3, 5 о2, о4, о6, *33, о16, о18, 17, 32, 29*	*о12, 10, 7, о8* *33, о16, о18, 17, 32, 29*	*о12, 10, 7, о8, 1, 3, 5 о2, о4, о6* *32, 29*	*о12, 10, 7, о8* *33, о16, о18, 17, 1, 3, 5 о2, о4, о6*

Правильный выбор комплекта баз на первой операции позволяет *обеспечить заданное чертежом относительное расположение обрабатываемых и исходных поверхностей этапа, а также обеспечить равномерность снятия припуска на поверхности* (тонкостенные поверхности, поверхностный слой подвергнутый химико-термической обработке). Для решения первой задачи в качестве технологических баз на первой операции назначаются исходные (не обрабатываемые на этом этапе, но обработанные на предыдущем) поверхности. Для первой операции технологического процесса в качестве элементов комплекта технологических баз выбираются элементы заготовки, которые не подвергаются механической обработке. Они на графах размерных связей первого этапа *имеют только одну связь* с обрабатываемыми поверхностями. При решении второй задачи в качестве базы на первой операции выбираются именно те поверхности, на которых следует снять равномерный припуск.

Витебский государственный технологический университет

Графы, представленные на рисунке 2.8, указывают, что в качестве комплекта исходных баз ориентации следует назначить три исходные плоскости: 30, о24пс и о24 (о24пс, о24 – плоскость симметрии и плоскость проходящая через поверхности вращения).

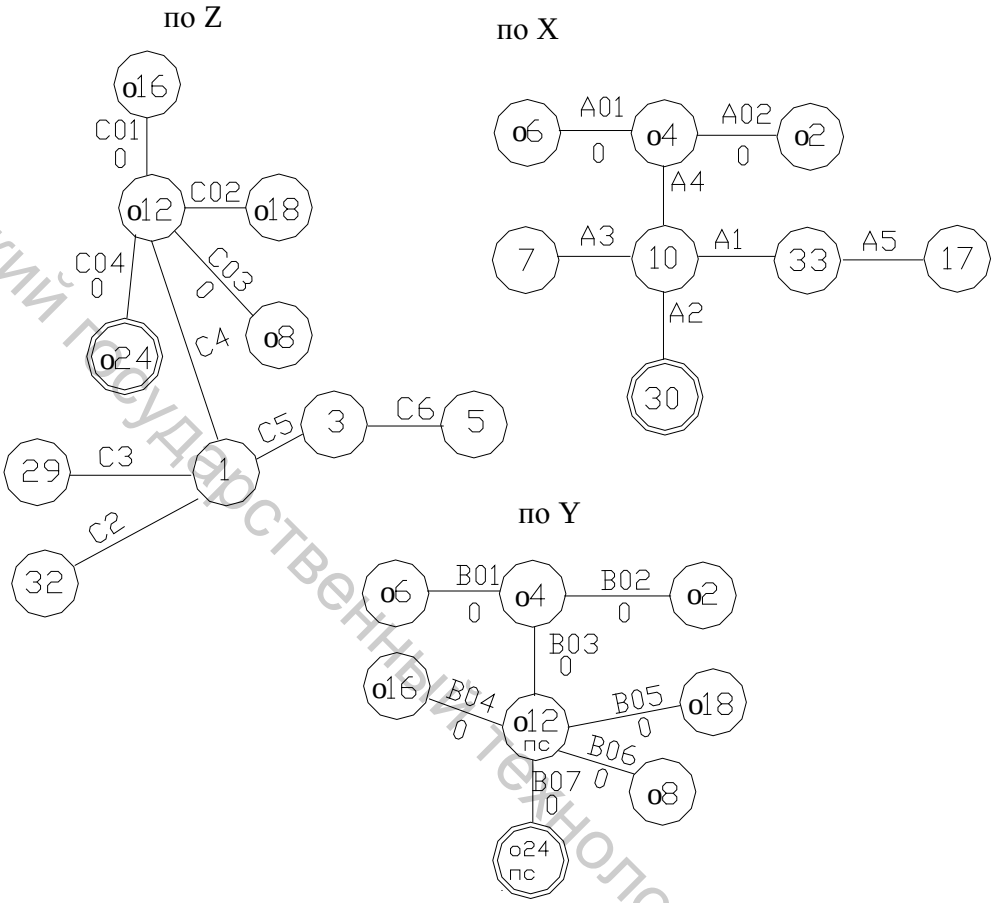


Рисунок 2.8 – Графы размерных связей для предварительного этапа обработки (исходные укороченные)

При определении возможности обработки поверхностей группы следует использовать понятие «*настроечная база*». Настроечная база используется в случаях, когда с одного установа требуется обработать несколько поверхностей, связанных размерами и (или) относительными поворотами. Одна из них связана размером (относительным поворотом) с технологической базой ориентации. Именно эта поверхность будет для другой обрабатываемой поверхности *настроечной* базой.

Таким образом, на первой операции могут обрабатываться группы поверхностей: 1) о12, 10, 7, о8 на многоцелевом станке № 1 (поверхность 10 является настроечной базой для поверхности 7, а о12 – для о8); 2) 10 на фрезерном № 4; 3) о12 на сверлильном № 5. При выборе варианта следует использовать *принцип концентрации* обработки. В данном случае от комплекта баз 30, О24пс и О24п следует обрабатывать поверхности о12, 10, 7, о8 на многоцелевом станке № 1 или расточном

Витебский государственный технологический университет

станке № 3. При прочих равных условиях формируется 2–3 конкурирующих варианта операций.

Шаг 4. Строятся «отсеченные» графы, причем удаляются из начальных исходные поверхности и те из обработанных на первой операции, которые имеют связь с обработанными на первой операции и не имеют таковой с еще не обработанными. Исключение делается для соосных поверхностей. Вид графов будет зависеть от того, какая из групп поверхностей обработана на первой операции.

При помощи «отсеченных» графов, используя правила определения комплектов технологических баз для первой операции, назначаются комплекты баз для последующих операций.

Указанные графы показаны на рисунке 2.9. *Здесь обработанные на первой операции и оставленные в качестве возможных технологических баз поверхности отражаются «разорванной» окружностью.*

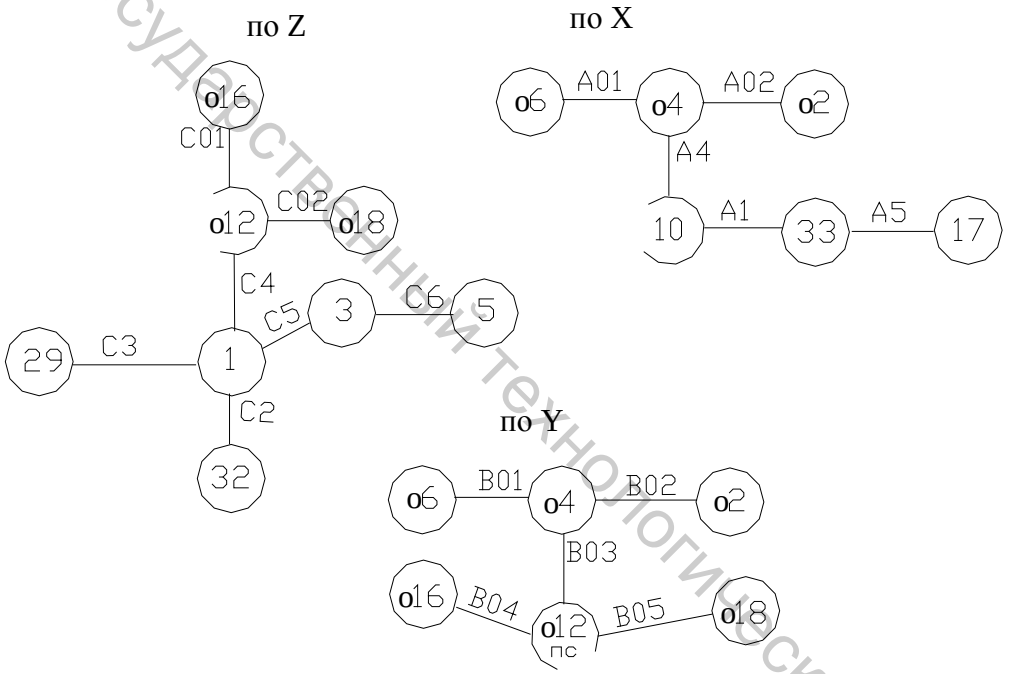


Рисунок 2.9 – Графы размерных связей для предварительного этапа обработки (первое отсечение)

На второй операции от комплекта баз o12пс, o12, 10 могут обрабатываться группы поверхностей: 1) 1, 3, 5, o2, o4, o6 на многоцелевом станке № 1 либо на карусельном станке; 2) 33, o16, o18, 17 на многоцелевом станке № 1 либо на расточном; 3) 33 на фрезерном; 4) 1 на фрезерном; 3) o4, o16 на сверлильном.

Таким образом, от комплекта баз o12пс, o12, 10 нужно обрабатывать группы поверхностей 1, 3, 5 o2, o4, o6 и 33, o16, o18, 17 либо на различных станках, либо на одном, но за две операции. Пусть поверхности 1, 3, 5 o2, o4, o6 обрабатываются на карусельном станке, а поверхности 33, o16, o18, 17 на многоцелевом станке.

Витебский государственный технологический университет

В том случае, если был бы задан многоцелевой станок с поворотным столом, то рассмотренные группы поверхностей легко можно было бы обработать на одной операции.

Необработанными остаются поверхности 29, 30. Графы после последнего удаления «лишних» поверхностей показаны на рисунке 2.10. Их особенность состоит в том, что на графе в каком-то координатном направлении может не остаться необработанных поверхностей. Тогда на соответствующих графах отражаются базы для предыдущей операции, а также главные поверхности, обработанные на предыдущем этапе. Именно эти поверхности и могут быть базами для рассматриваемой операции.

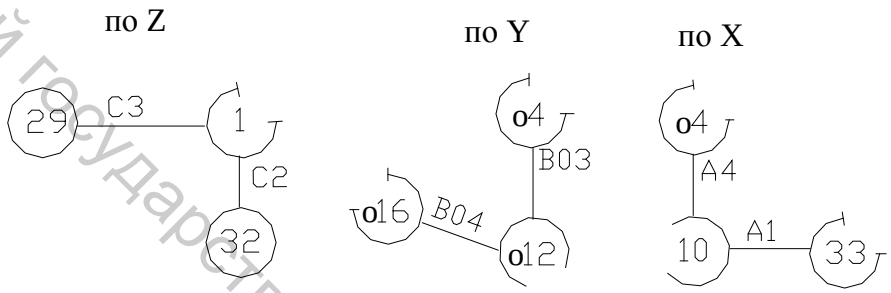


Рисунок 2.10 – Графы размерных связей для предварительного этапа обработки (второе отсечение)

В рассматриваемом случае это поверхности о16, о4, о12 (на графе по оси Y) и о4, 33, 10 (на графе по оси X). Анализ графов предварительного этапа (рисунок 2.8) показывает, что для обработки поверхностей 29, 32 можно назначить комплектами технологических баз следующие группы поверхностей: 1, о4 и о4 или 1, 33 и о4 и др.

Аналогичный анализ производится для чистового и отделочного этапов, причем следует учитывать ряд особенностей. Так, если на рассматриваемом этапе (или по одной из осей этапа) нет исходных поверхностей, то на первой операции рекомендуется обрабатывать те поверхности, у которых на графах размерных связей больше всего связей с другими поверхностями. А в качестве технологических баз ориентации для первой операции выбирать поверхности связанные с ними ребром. Примером такой ситуации является чистовой этап обработки детали (рисунок 2.6). Начальные графы размерных связей для этого этапа показаны на рисунке 2.11. Штриховой линией отмечены поверхности, которые отсутствуют вначале этапа и появятся в результате его реализации этапа. Анализ графов показывает, что в первую очередь следует обрабатывать поверхности оси Z – 1 либо о12; по оси X – 10 либо о4; по оси Y – о4 либо о12. Группа поверхностей о12, 10, о8, 7 может быть обработана на станках № 1 и № 3, а базовыми поверхностями для их обработки могут быть выбраны поверхности по оси Z – 1, о18, о16, по оси X – о4, 7, 33, по оси Y– о8, о4, о16, о18. Пусть в качестве базы на первой опера-

Витебский государственный технологический университет

ции используется комплект 1, о4, о4п. Дальнейшее назначение комплектов технологических баз осуществляется так же, как для предварительного этапа. Причем следует учитывать, что если размер на графе связывает две обрабатываемые поверхности и одна поверхность вначале является базой для другой, а на следующей операции от этой поверхности обрабатывается базовая, то на обозначении размера при формировании схем базирования и размерном анализе технологического процесса (см. операции 025, 035) ставятся индексы 1 и 2.

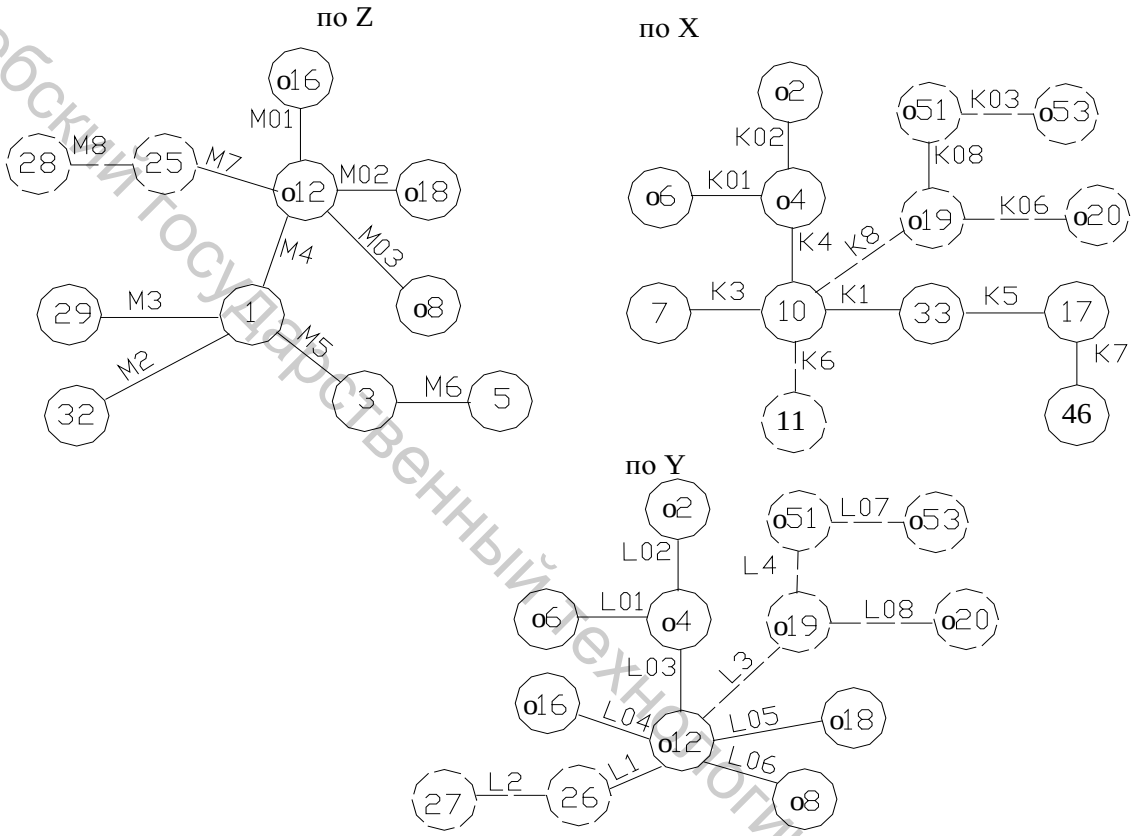


Рисунок 2.11 – Графы размерных связей для чистового этапа обработки (исходные)

На чистовом и отделочном этапах правило единственной связи между комплексом обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей не выполняется. На графе по оси Z отделочного этапа Z (рисунок 2.12) существует пять связей между комплексом обрабатываемых и необрабатываемых на этапе поверхностей. В таких случаях после использования одной исходной поверхности в качестве базы из дальнейшего рассмотрения исключаются все исходные поверхности этапа (т. е. на графах отсекаются соответствующие им вершины).

При выборе базы на первой операции следует также учитывать то, что если поверхность по оси является неудобной для базирования, то может быть принято решение об использовании одной из обрабатывае-

Витебский государственный технологический университет

мых на этапе поверхностей в качестве базы. Однако при определении вида компонента комплекта (проектирование схемы базирования) следует стремиться к тому, чтобы эта поверхность не использовалась в качестве установочной, двойной направляющей или направляющей баз.

По оси Z для первой операции отделочного этапа (рисунок 2.12) целесообразно выбрать в качестве базы на первой операции пов.1 т.к. исходные для этапа главные поверхности 25, 29, 32, 21, 3, о8 модулей являются не развитыми и затруднят процесс установки заготовки.

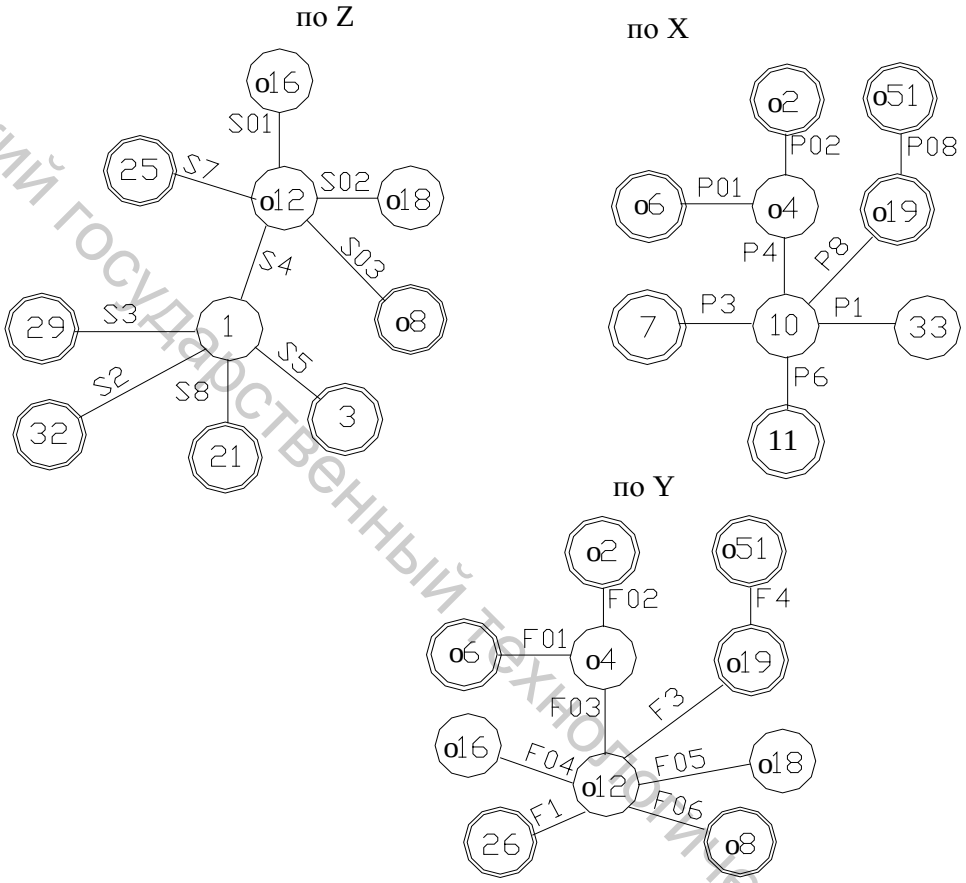


Рисунок 2.12 – Графы размерных связей для отделочного этапа обработки (исходные)

Для реализации ***второго метода*** необходимо выполнить шаги 1–3 первого метода, а далее действовать согласно следующим шагам.

Шаг 1. *Построить графы угловых расположений* главных поверхностей ФМ по отношению к необрабатываемым поверхностям этапа и граф угловых расположений обрабатываемых поверхностей к обрабатываемым поверхностям. *Граф угловых связей* отражает отношения перпендикулярностей и углов между главными поверхностями ФМ с учетом особенностей их технологического обеспечения. Стрелками на графе указывается отношение перпендикулярности или угла рассматриваемого ФМ к поверхности ФМ, являющейся базой ориентации. Направление стрелки указывает базовый элемент, по отношению к которому ориентируется поверхность.

Витебский государственный технологический университет

На графе отражаются угловые отношения поверхностей к внешним поверхностям (поверхностям других ФМ) и внутренним поверхностям модуля (штриховая линия) (рисунок 2.13).

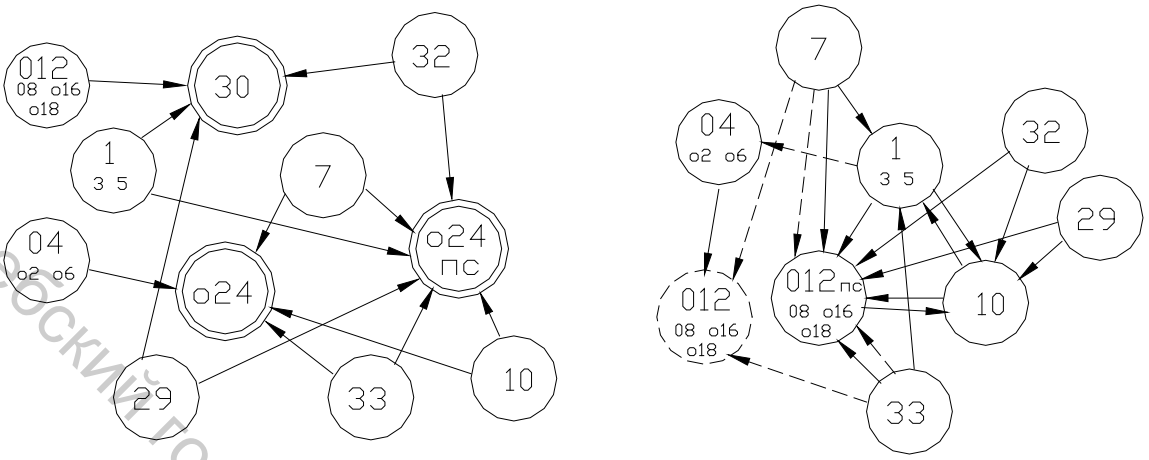


Рисунок 2.13 – Графы угловых расположений обрабатываемых поверхностей к необрабатываемым и угловых расположений обрабатываемых поверхностей к обрабатываемым для рассматриваемой детали на предварительном этапе

Шаг 2. *Формирование таблицы комплектов баз на этапе.*

Для этого необходимо совместно проанализировать графы размерных связей и угловых расположений. Номер обрабатываемой поверхности (или оси обрабатываемой поверхности) отыскивается на графе (по одной оси для плоской поверхности, по двум координатным осям для оси) размерных связей. Определяется связь или связи с другими ближайшими поверхностями на графах размерных связей. (Кратчайшие пути на графе от рассматриваемой поверхности до других поверхностей). Далее для плоских поверхностей на графах угловых расположений обрабатываемых поверхностей комплект дополняется двумя поверхностями, для оси комплект дополняется одной поверхностью (рисунок 2.14). Фрагмент таблицы возможных комплектов баз ориентации для рассматриваемой детали представлен в таблице 2.12.

Шаг 3. *Распределение переходов по типоразмерам станков. Формирование массива выбора оборудования.*

На рисунке 2.15 показан алгоритм распределения переходов по типоразмерам станков.

Характеристика очередного перехода (b) формируется в блоке 2 для сравнения с возможностями j-го станка (блок 3). Если габариты заготовки (a) меньше или равны габаритам рабочей зоны станка (e) (блок 4),

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.12 – Комплекты баз ориентации рассматриваемой детали для предварительного этапа

012 (08 016 018)	32	29	7	33	10
30-о24-о24пс **30**-1-**о24**пс **30**-1-о4 10- **о24-о24**пс 10-1-**о24**пс 10-1-о4 …	**30-о24**пс-1 о12пс-10-1	**30-о24**пс-1 о12пс-10-1	**о24-о24**пс-10 1-о12пс-10 о12-о12пс-10	**о24-о24**пс-10 **о24-о24**пс-7 1-о12пс-10 1-о12пс-7 1-о12пс-о12	**30-о24-о24**пс 7-**о24-о24**пс 33-**о24-о24**пс 33-1-о24пс …

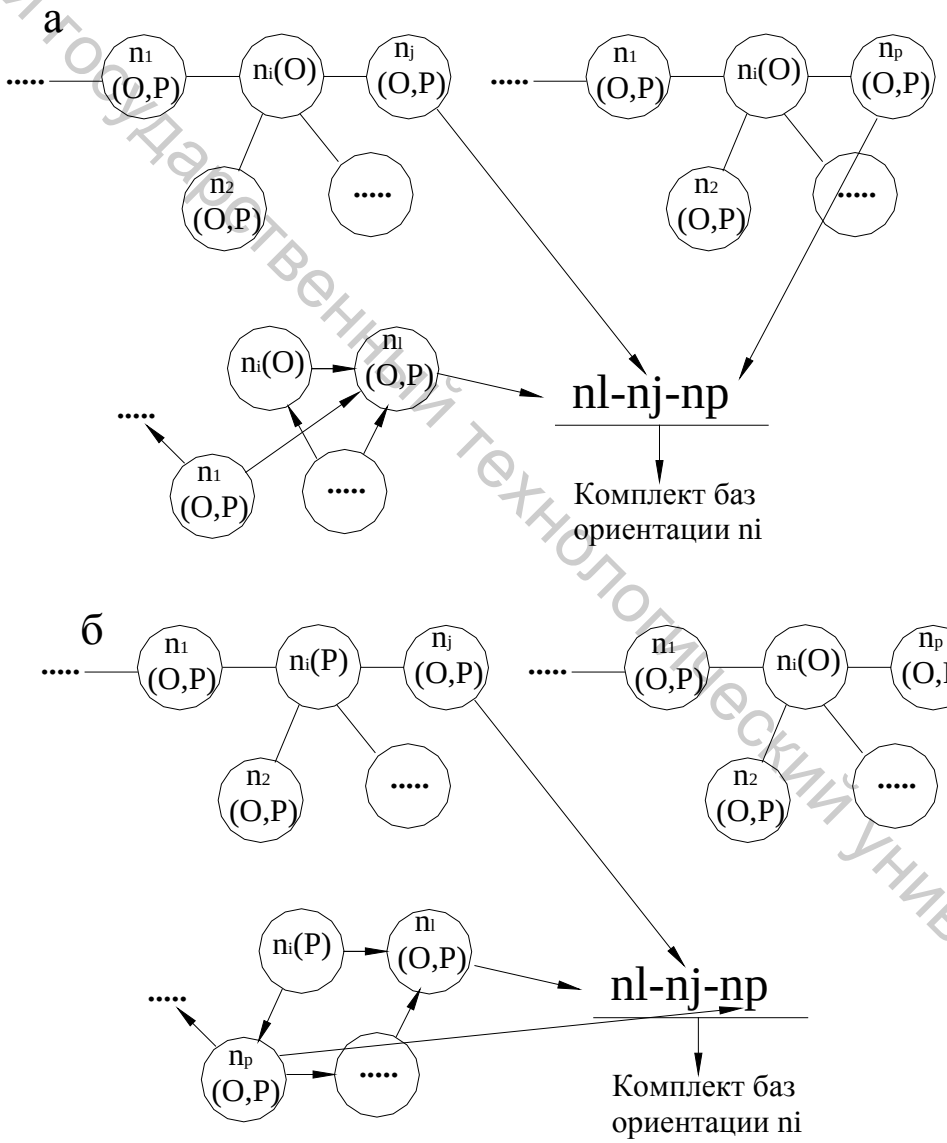


Рисунок 2.14 – Иллюстрация определения комплекта баз ориентации для оси (а) и плоскости (б)

Витебский государственный технологический университет

в массиве переходов j-го станка есть соответствующий переход (d) (блок 5) и данный станок уже ранее был отобран для другого перехода (блок 9), то в таблицу выбора оборудования (таблица 2.13) записываются ***комплекты баз ориентации*** для обработки поверхности (таблица 2.12) (блок 10) и рассматривается следующий станок. Если j-й станок ранее не отбирался (блок 9), то ему присваивается очередной номер q, который заносится в таблицу 2.13.

Так для i-го перехода рассматриваются все станки из массива (блоки 6, 13). Если для выполнения данного перехода нет соответствующего оборудования (блок 7), то этот переход записывается в отдельный список для принятия альтернативного решения (блок 12). Альтернативным решением может быть: приобретение необходимого оборудования, модернизация одного из имеющихся станков, замена данного перехода другим.

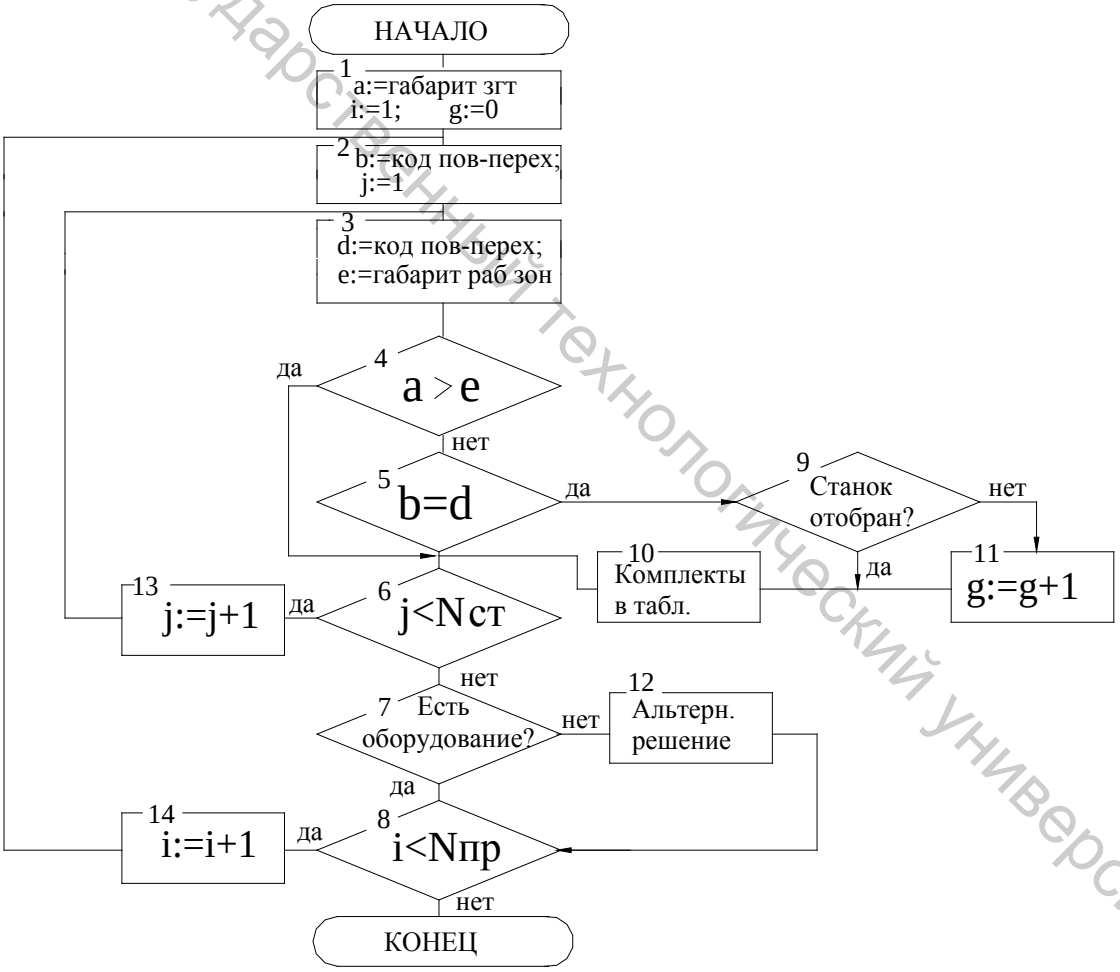


Рисунок 2.15 – Блок-схема распределения переходов по типоразмерам станков: i – порядковый номер перехода в этапе; $N_{пр}$ – количество переходов в этапе; j – номер станка в массиве; $N_{ст}$ – количество станков в массиве; q – номер отобранного станка

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.13 – Формат таблицы выбора оборудования

Поверх-ность-переход i	**Номер станка q**			
	1	2	q	$N_{ст}$
1	nl_{11}-nj_{11}-np_{11}	nl_{11}-nj_{11}-np_{11} …	…	...
2	nl_{21}-nj_{21}-np_{21} ...	nl_{21}-nj_{21}-np_{21} ...	…	…
i	nl_{i1}-nj_{i1}-np_{i1} ...	nl_{i1}-nj_{i1}-np_{i1} ...	…	…
$N_{пр}$	...	...	…	...

Шаг 4. *Выбор комплекта баз и станка для обработки на первой операции этапа*.

Для формального решения задачи определения комплектов баз на первой операции и выбора станка в столбцах таблицы выбора оборудования отыскиваются ячейки с идентичными комплектами, состоящими из исходных (необрабатываемых) поверхностей этапов. За решение принимается столбец (станок), в котором наибольшее количество ячеек (переходов) с идентичными комплектами.

Переходы с одинаковыми типоразмерами станков и технологических баз объединяются в группу, предварительно формируя тем самым первую операцию этапа.

Так, например, на предварительном этапе (таблица 2.14) на станке 1 необходимо сгруппировать поверхности о12 (о8, о16, о18) 10, так как для этого станка в таблице выбора имеется наибольшее количество строк (переходов) с одинаковыми комплектами баз 30-о24-о24пс, состоящими только из исходных поверхностей.

Если для модели этапа нет комплектов, состоящих только из исходных поверхностей, то принимается комплект, состоящий из максимального их количества.

Если исходных (необрабатываемых) поверхностей на этапе нет, то в качестве комплекта баз на первой операции этапа следует использовать комплект для выполнения максимального количества переходов.

Если на поверхности при обработке необходимо равномерно распределить припуск (например, если поверхность подверглась цементации), то именно поверхности, на которых это надо сделать, должны входить в комплект баз на первой операции.

При определении комплектов баз необходимо определять поверхности, которые можно обработать от *настроечных* баз. Формально, это такие обрабатываемые поверхности в столбце «поверхность-переход» таблицы выбора оборудования, для которых имеется комплект баз, отличающийся одним (для плоской или двумя для оси) компонентом от комплекта другой поверхности и при подстановке этой поверхности в

Витебский государственный технологический университет

собственный комплект получается комплект баз идентичный другому комплекту. Настроечной базой будет являться замененная поверхность.

Таблица 2.14 – Пример фрагмента таблицы выбора оборудования на первой операции для предварительного этапа

Поверхность-переход i	**Номер станка q**			
	1	2	3	…
о12 о8 о16 о18	**30-о24-о24**пс **30**-1-**о24**пс **30**-1-о4 10- **о24-о24**пс 10-1-**о24**пс 10-1-о4 …	–	**30-о24-о24**пс **30**-1-**о24**пс **30**-1-о4 10- **о24-о24**пс 10-1-**о24**пс 10-1-о4 …	…
32	**30-о24**пс-1 о12пс-10-1	**30-о24**пс-1 о12пс-10-1	–	…
29	–	**30-о24**пс-1 о12пс-10-1	–	…
7	**о24-о24**пс-10 1-о12пс-10 о12-о12пс-10	–	**о24-о24**пс-10 1-о12пс-10 о12-о12пс-10	…
33	–	**о24-о24**пс-10 **о24-о24**пс-7 1-о12пс-10 1-о12пс-7 1-о12пс-о12	–	…
10	**30-о24-о24**пс 7-**о24-о24**пс 33-**о24-о24**пс 33-1-о24пс …	–	–	…

Так, например, комплект **о24-о24**пс-10 отличается от комплекта **о24-о24**пс-**30** для поверхностей о12 (о8, о16, о18) 10 только одной поверхностью – 10. Если в комплект **о24-о24**пс-**30** вместо поверхности **30** подставить поверхность 10, то получится комплект идентичный комплекту для поверхности 7. Поверхность 10 может являться настроечной базой.

Шаг 5. *Анализ возможности совмещения и последовательности выполнения переходов, отобранных для данного типоразмера станка.*

Анализ заключается в:

а) сравнении векторов доступности обрабатываемых функциональных модулей и координат доступности формообразующих элементов в пространстве рабочей зоны (т. е. анализ технологических возможностей станка с учетом оснащенности поворотным столом);

б) проверке наличия необходимого количества гнезд в револьверной головке или магазине станка;

в) ограничения по последовательности обработки (см. рекомендации ниже).

Витебский государственный технологический университет

Если установлено, что несколько переходов нельзя выполнить при использовании одного комплекта баз или за один установ, то в таких случаях уменьшается число переходов в операции вплоть до одного. Также предусматривается возможность рекомендации применения комбинированного инструмента.

Шаг 6. *Выбор станка и комплекта баз для второй операции.*

Для этого в столбцах «отсеченной» таблицы выбора оборудования отыскивается максимальное количество ячеек (поверхностей-переходов) с идентичными комплектами, состоящими *из обработанных на предыдущих операциях* поверхностей. Проверяется возможность использования настроечных баз.

«Отсеченная» таблица получается отбрасыванием от предыдущей таблицы строк, соответствующих обработанным поверхностям.

Переходы с одинаковыми типоразмерами станков и технологических баз объединяются в группу, формируя тем самым вторую операцию.

Если внутри этапа нельзя определить комплект технологических баз для обработки той или иной поверхности, состоящий только из обработанных на первой операции поверхностей, то используется комплект с максимальным их количеством.

Повторить шаг 5.

Шаг 7. *Выбор станка и комплекта баз для последующих операций.*

Повторяется шаг 6.

Кроме того, при выборе порядка выполнения переходов внутри этапа нужно учитывать следующие рекомендации.

1. Переходы обработки поверхностей, составляющих основной контур детали, выполняются раньше, чем переходы обработки поверхностей, представляющих собой уступы, пазы и т. д.

2. В детали, не являющейся телом вращения, перед обработкой отверстий должны быть обработаны прилегающи плоскости.

3. Порядок обработки пересекающихся поверхностей устанавливается таким, чтобы уменьшить увод инструмента и вероятность его поломки, уменьшить дополнительные затраты на слесарную обработку (удаление заусенцев). На рисунке 2.16 показаны некоторые часто встречающиеся виды пересечения отверстий. Порядок обработки поверхностей соответствует присвоенным номерам. Перед сверлением углового отверстия необходимо обработать площадку, перпендикулярную ее оси, чтобы предотвратить увод или поломку сверла (рисунок 2.16, *в*).

4. На окончательном этапе поверхности обрабатываются в порядке обратном их точности, то есть, чем точнее должна быть данная поверхность, тем позже она обрабатывается.

Витебский государственный технологический университет

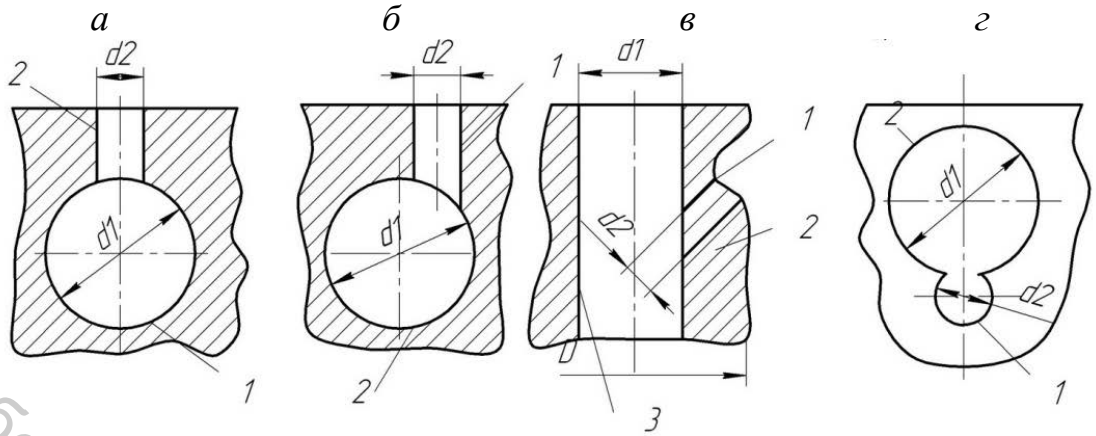


Рисунок 2.16 – Влияние относительного расположения отверстий на последовательность их обработки $d_1 > d_2$

5. Порядок обработки поверхностей должен учитывать специальные требования к точности взаимного расположения, если они указаны на чертеже или оговорены техническими требованиями. Требуемое взаимное расположение может быть обеспечено прямым и косвенным путями.

Прямое обеспечение заданных требований к угловому расположению поверхностей может быть реализовано обработкой:

1) от одного комплекта баз всех поверхностей, связанных указанными требованиями за один установ (рисунок 2.17 *а*, поверхности 1);

2) от единой базы за несколько установов (рис.2.14 *в*);

3) от разных баз при использовании одной из связанных требова-

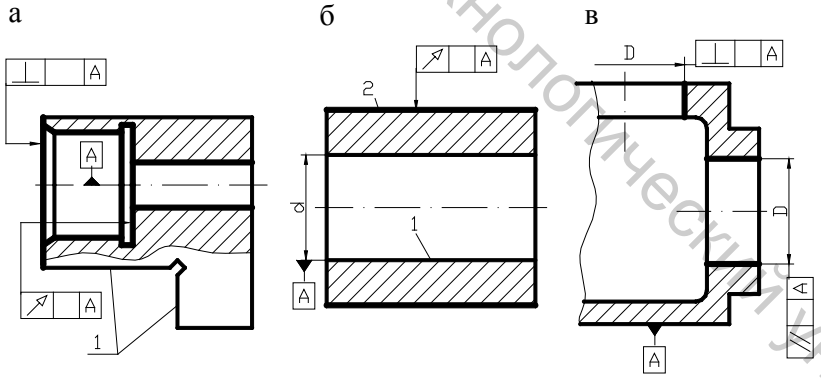


Рисунок 2.17 – Влияние требований к точности расположения на последовательность выполнения переходов

ниями точности относительного расположения поверхностей в качестве базы (рисунок 2.17 *б*).

В случае, показанном на рисунке 2.17 *б*, при обработке поверхности 2 в качестве базы применяется предварительно обработанная поверхность 1. В случае, показанном на рисунке 2.17 *в* невозможность обработки без специального приспособления и поворотного стола на горизонтально-расточном станке за один установ нескольких отверстий, па-

Витебский государственный технологический университет

раллельных базе А, и одного перпендикулярного к ней, вынуждает вести обработку последнего либо на другом станке, либо с установкой в другом приспособлении.

В результате работы методик формируется несколько вариантов маршрута обработки (таблица 2.15) с различными структурами операций. Окончательный выбор варианта последовательности обработки, содержания и структур, входящих в технологический процесс операций, можно осуществить на основе результатов технико-экономических расчетов.

Таблица 2.15 – Структура выходных параметров работы алгоритма

Обрабатываемые поверхности	**i i-1 i-3**	**i-2 i-4**	**i+1 i+2**	**…**
Комплект баз	$\mathbf{nl_{i1}\text{-}nj_{i1}\text{-}np_{i1}}$	$\mathbf{nl_{i-13}\text{-}nj_{i-13}\text{-}np_{i-13}}$	$\mathbf{nl_{i+12}\text{-}nj_{i+12}\text{-}np_{i+12}}$	**…**
Станок	**q**	**q+1**	**q-1**	**…**

Данные анализа рекомендуется свести в таблицу последовательности обработки и смены баз (таблица 2.16).

Таблица 2.16 – Возможная последовательность обработки и смены баз для рассматриваемой детали

Этап	**Операция**	**Станок**	**Комплект баз ориентации**	**Обрабатываемые поверхности**
Предварительный	005	№ 1	№ 2 о24пс(O_l P_j), о24(O_l),30(P_i)	о12, 10, 7, о8
	010	№ 2	№ 2 о12пс(O_l P_j), о12(O_l),10(P_i)	1, 3, 5 о2, о4, о6
	015	№ 1	№ 2 о12пс(O_l P_j), о12(O_l),10(P_i)	33, о16, о18, 17
	020	№ 4	№ 2 1(P_i), о4 (O_l), о4(O_l P_j)	32, 29
Чистовой	030	№ 1	№ 2 1(P_i), о4 (O_l), о4(O_l P_j)	о12, 10, 7, о8
	035	…	…	…
Отделочный	…	…	…	…

2.3 Синтез теоретических схем базирования и установки

2.3.1 Основные понятия

Любая техническая система, в том числе и технологическая оснастка, создается для выполнения определенного набора функций. Главной функцией технологической оснастки является *ориентирование (базирование)*. Для станочных приспособлений это такое ориентирование *обрабатываемых компонентов заготовки* по отношению к направлениям рабочих движений станка и формообразующего компонента инструмента, которое *обеспечит заданные допуски взаимного расположения* (перпендикулярность, параллельность, угол) и расстояний. Для сбо-

Витебский государственный технологический университет

рочных приспособлений это такое ориентирование сопрягаемых поверхностей соединяемых деталей, которое обеспечит известные условия собираемости. Для контрольных приспособлений и комплексных калибров это такое ориентирование контролирующих компонентов относительно компонентов проверяемой детали, служащих началом отсчета, которое обеспечит надежное обнаружение годных и негодных (брак) деталей.

По назначению базы будем делить на: *конструкторские и технологические*, которые, в свою очередь, подразделяются на базы механической обработки, сборочные и измерительные.

Конструкторские базы используются для задания на чертежах взаимного расположения (линейных размеров, параллельности, перпендикулярности или в общем случае угла) элементов детали.

Технологические базы механической обработки используются для ориентации заготовки или элементов заготовки в заданной зоне станка и при проектировании технологического процесса обработки детали и станочных приспособлений. В первом случае технологические базы будем называть ***реальными***, а во втором – ***проектными***.

Технологические сборочные базы используются для взаимной ориентации деталей, сборочных единиц или их элементов при сборке изделия (реальные базы) и при *проектировании* технологии сборки и сборочных приспособлений (проектные базы). *Основной сборочной базой* предлагается называть совокупность поверхностей детали или сборочной единицы, которая определяет ее положение в изделии. *Вспомогательная сборочная база* – совокупность поверхностей детали или сборочной единицы, которая определяет положение присоединяемой к ней детали или сборочной единицы.

Измерительные базы используются при измерении отклонений взаимного расположения (реальные базы) и при *проектировании* технологии измерения и самих средств измерений (проектные базы). Реальная измерительная база служит для ориентации средств измерения по отношению к измеряемому объекту. Она должна совпадать с конструкторской во избежание погрешности схемы измерения.

2.3.2 Реальное базирование

*Под **реальным базированием** будем понимать:* процесс ориентации заготовки или элементов заготовки в заданной зоне станка при механической обработке; взаимной ориентации деталей, сборочных единиц или их элементов при сборке изделия; ориентации средств измерения по отношению к измеряемому объекту при измерении.

Синоним слова базирование – ориентация. При решении разных задач оно имеет различный смысл. Например, при обработке необходимо так расположить заготовку в рабочей зоне станка, чтобы обеспечить заданную форму и расположение обрабатываемой поверхности (кото-

Витебский государственный технологический университет

рой еще нет) при минимальных затратах на управление относительными движениями инструмента и заготовки.

Например, для обработки плоскости на строгальном или вертикально-фрезерном станке заготовку следует ориентировать так, чтобы направляющая и образующая будущей плоскости были, соответственно, параллельны продольной и поперечной подаче. В принципе, можно обработать плоскость на указанных станках, даже если она наклонна по отношению к одной из подач. Для этого необходимо дополнительное управление, которое бы соответственным образом связывало перемещение вдоль этой подачи с вертикальным перемещением, зависящим от заданного угла. При такой обработке «строками» снижается производительность обработки и качество (форма) плоскости.

При обработке цилиндрической поверхности на токарном, сверлильном или расточном станке ее ось обязательно должна быть параллельна продольной подаче и совпадать с осью вращения шпинделя или инструмента.

Как же расположить поверхность, которой еще нет, в рабочей зоне станка? Очевидно, *это можно сделать, только расположив в рабочей зоне станка определенным образом те компоненты заготовки, которые были получены ранее.* Эти компоненты называют ***реальными технологическими базами.*** А процесс расположения заготовки в рабочей зоне станка – ***реальным базированием.***

В технологии машиностроения используются ***три метода реального базирования:*** 1) *выверка по разметке*; 2) *выверка по реальной технологической базе*; 3) *сопряжение*.

Базирование по разметке применяется в единичном и мелкосерийном производстве, а также при обработке крупногабаритных заготовок. Технологической базой в случае базирования заготовки в приспособлении-спутнике (рисунок 2.18) являются линии разметки 2. Контроль их положения осуществляется обычно штангенрейсмусом 4. Регулировка положения заготовки 1 осуществляется домкратами 3 и кулаками 5. При базировании заготовки, показанной на рисунке 2.19, на столе станка контроль положения линий разметки осуществляется штангенрейсмусом, а также с помощью чертилки 1 закрепленной в оправке 2. К недостаткам метода выверки по разметке следует отнести: 1) низкую точность (0,8...1.3 мм); 2) высокие требования к квалификации рабочего; 3) низкую производительность. А к достоинствам: 1) возможность проверки пригодности заготовки до начала её обработки; 2) возможность наиболее рационального размещение контура детали в теле заготовки.

Витебский государственный технологический университет

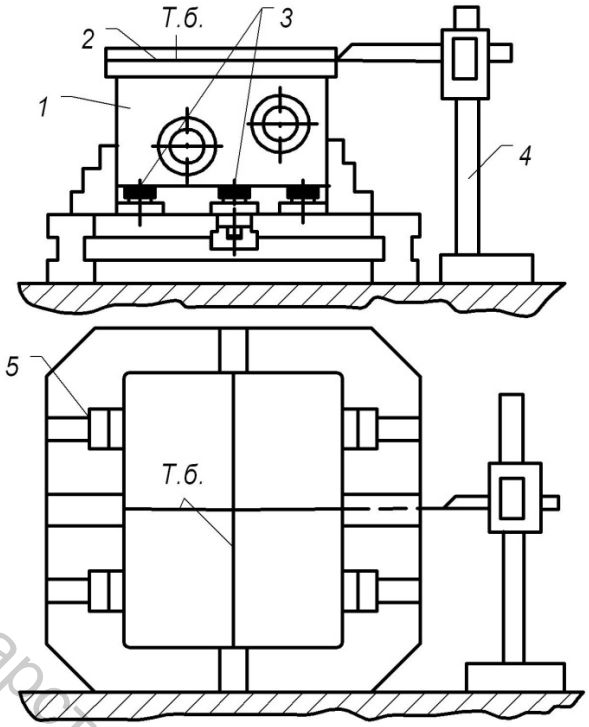


Рисунок 2.18 – Реальное базирование заготовки в приспособлении-спутнике по разметке

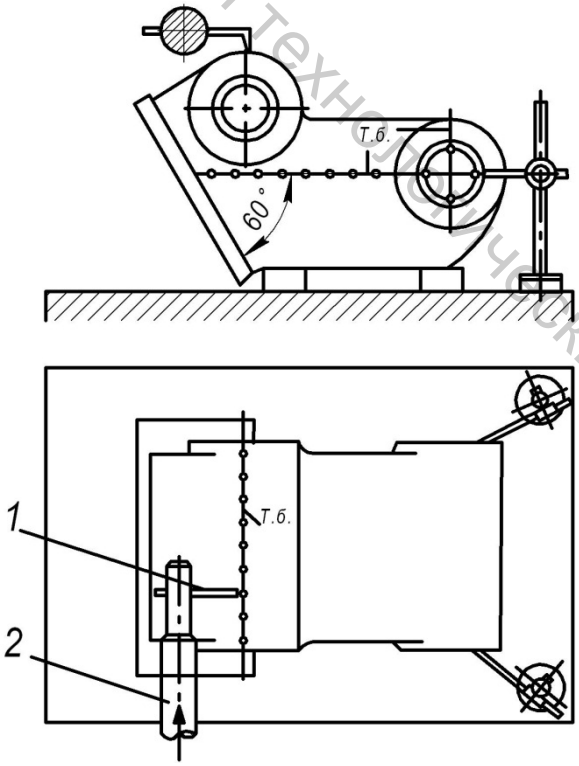


Рисунок 2.19 – Реальное базирование заготовки на столе станка

Витебский государственный технологический университет

При базировании выверкой по реальной технологической базе правильность положения объекта контролируется точными средствами (индикатором, микроскопом и т. д.). При механической обработке выверяется параллельность технологической базы направлению подачи (рисунок 2.20 *а*), положение оси отверстия относительно оси шпинделя станка, биение заготовки (рисунок 2.20 *б*). К достоинству метода следует отнести высокую (0,02...0,1 мм) точность базирования, зависящую только от точности контролирующего инструмента и точности технологической базы. А к недостаткам – низкую производительность и высокие требования к квалификации рабочего.

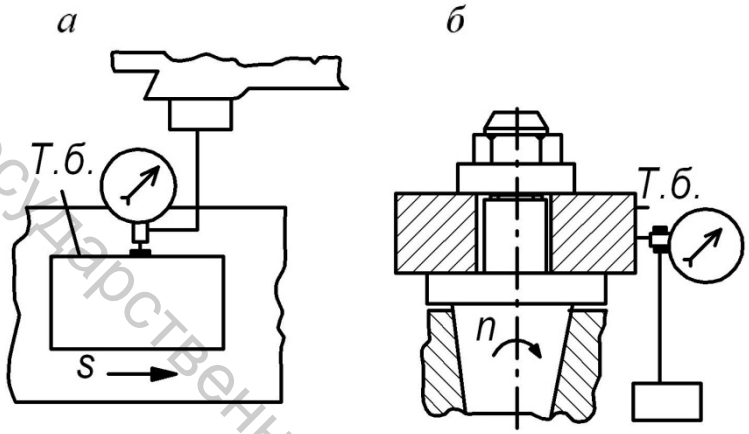


Рисунок 2.20 – Реальное базирование выверкой по технологической базе

Базирование сопряжением осуществляется при соприкосновении технологических баз заготовки с установочными элементами приспособления. Пример базирования сопряжением при механической обработке показан на рисунке 2.21. Данный метод обеспечивает как высокую производительность, так и достаточно высокую точность базирования.

Чаще всего в качестве баз используются плоские и цилиндрические поверхности в различных сочетаниях. Реже используются конические и сферические.

На рисунке 2.22 приведен пример реализации скрытых проектных баз (плоскость симметрии 5 и 4 заготовки 3). Подвижная призма 3 (рисунок 2.21) позволяет реализовать скрытую базу (плоскость симметрии 6).

Для сохранения полученного при реальном базировании относительного положения заготовки под действием нагрузок, возникающих во время ее обработки, необходимо силовое замыкание. Силы (моменты сил), создающие силовое замыкание, должны быть больше сил (моментов), стремящихся нарушить относительное положение заготовки, которое было получено при базировании. Для создания силового замыкания используются: 1) упругие деформации отдельных деталей или механизмов станочного приспособления; 2) силы трения; 3) сила тяжести;

Витебский государственный технологический университет

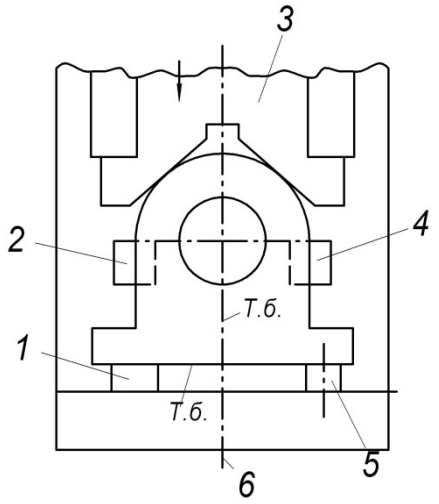


Рисунок 2.21 – Реальное базирование сопряжением:
1 и 5 – опорные планки; 2 и 4 – упоры, 3 – подвижная призма.

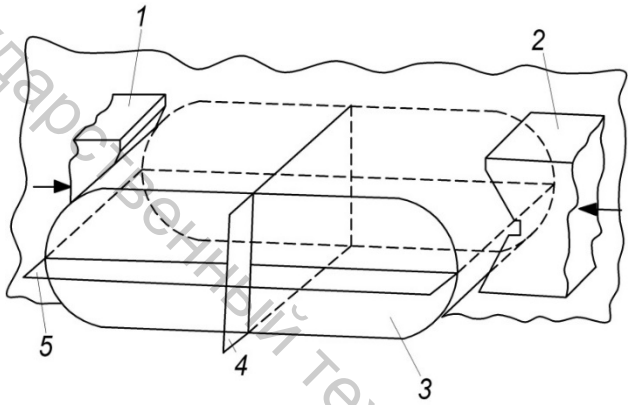


Рисунок 2.22 – Использование плоскостей симметрии в качестве скрытых баз при установке в самоцентрирующем приспособлении

4) давление жидкости или газа; 5) магнитные и электромагнитные силы; 6) сочетание различных сил.

2.3.3 Конструкторская и технологическая проектные базы. Комплект баз ориентации

Процессу реального базирования должен предшествовать процесс проектного базирования. Прежде чем изготавливать деталь, разрабатывают ее графическую модель (чертеж), модель технологического процесса ее изготовления и лишь затем модели необходимой оснастки.

При проектировании технологических процессов механической обработки или станочных приспособлений с учетом порядка обработки следует указывать *проектные технологические базы механической обработки*. ***Технологической проектной базой*** (далее технологическая база) будем называть элемент геометрической модели заготовки (ГМЗ) (абсолютно твердого тела, поверхности которого идеальны), по отно-

Витебский государственный технологический университет

шению к которому обеспечивается ориентация (расстояние, допуск взаимного расположения) подлежащего обработке конструктивного элемента. *Для уменьшения наследования погрешности обработки и избежания погрешности базирования при разработке модели установки необходимо стремиться к совпадению технологических и конструкторских проектных баз (принцип единства баз)*. Однако не следует забывать, что заготовка детали – это промежуточное состояние детали (т. е. деталь с напусками и припусками). Деталь формируется после выполнения последнего перехода последней операции технологического процесса обработки. Детали поступают на сборку. Таким образом, при обеспечении принципа единства баз следует вести речь о обозначениях на ГМЗ размерных и угловых связей согласно чертежа.

При ***проектном технологическом базировании*** вводится система отсчета (система координат) сопряженная (соприкасающаяся) с технологическими базами. Указанную систему координат логично назвать *собственной* (ССК), так как она строится на элементах модели заготовки, или *базовой* (БСК), так как она определяет ***комплект баз***, по отношению к которому ориентируются рассматриваемые подлежащие обработке конструктивные элементы (***комплект технологических баз ориентации***).

Конструкторские и технологические базы будем делить на два класса: ***оси*** и ***плоскости***. По характеру проявления – на ***явные*** и ***скрытые*** (точки, линии и плоскости симметрии).

Относительное угловое положение *оси* осесимметричного функционального модуля (поверхности вращения) на чертеже детали или оси обрабатываемой поверхности заготовки на операционном эскизе должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей. Так, *ось может быть: перпендикулярна только к одной плоскости, или параллельна двум пересекающимся плоскостям, или параллельна к одной плоскости и составлять некоторый угол с плоскостью, которая перпендикулярна первой.*

Относительное угловое положение плоского функционального модуля (*плоскости)* на чертеже детали или обрабатываемой плоскости заготовки на операционном эскизе также должно быть задано необходимым и достаточным числом показателей. Так, плоскость может быть: *перпендикулярна к двум пересекающимся плоскостям или к оси, или перпендикулярна к одной плоскости и составлять некоторый угол с другой, которая перпендикулярна к первой* (смотри раздел 1.1.3).

2.3.4 Понятие теоретических схем базирования и установки. Настроечная база

Под ***теоретической схемой базирования*** при механической обработке (или просто *схемой базирования*) будем понимать графическое

Витебский государственный технологический университет

изображение геометрической модели заготовки в состоянии после выполнения рассматриваемой операции, на которой выделены обработанные конструктивные элементы, проставлены выдерживаемые размеры и допуски взаимного расположения, условные значки, интерпретирующие точки сопряжения и направляющие векторы, накладывающие определенное число геометрических ***связей***, а также проведена базовая система координат.

Под ***целью разработки теоретической схемы базирования*** при механической обработке (т. е. проектного базирования) будем понимать ***обеспечение*** (еще на стадии проектирования) ***требуемых показателей взаимного расположения поверхностей за счет наложения на поверхности баз ориентации шести геометрических связей***.

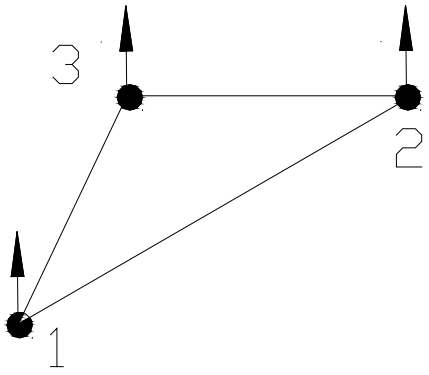
Связь отражает отсутствие неопределенности положения рассматриваемого обрабатываемого конструктивного элемента в БСК и определяет положение *точки сопряжения (соприкосновения)* проектной технологической базы с БСК. Чтобы определить направление связи и направление оси базовой (собственной) системы координат, предлагается использовать ***направляющий вектор***, перпендикулярный соответствующей плоскости БСК.

Сочетания точек сопряжения в базовой системе координат, расположенные на каждой из баз ориентации, могут накладывать на геометрическую модель заготовки разное число связей. Оно определяет ***вид компонента комплекта баз***. Сочетания точек сопряжения указанный выше ГОСТ определяет как установочную, направляющую, опорную, двойную опорную, двойную направляющую базы. Приведенные названия технологических баз нельзя воспринимать буквально, ибо опорной базой заготовка ни на что не опирается, направляющей базой никуда не направляется, а на установочную – не всегда устанавливается. Поэтому предлагается вместо этих терминов использовать, соответственно, следующие: тройная однонаправленная, двойная однонаправленная, одиночная, двойная разнонаправленная, четверная базы. Также предлагается использовать новое понятие – тройная разнонаправленная база, отсутствующее в ГОСТ.

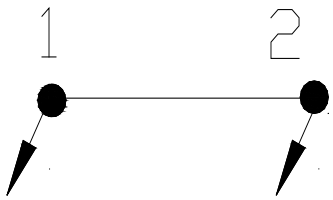
Эти термины легко определить с помощью понятий – точка сопряжения, направляющий вектор. Так, например, под тройной однонаправленной (установочной) технологической базой предлагается считать три точки сопряжения, не лежащие на одной прямой и имеющие одинаковое направление направляющих векторов, накладывающие на геометрическую модель заготовки три связи: одну линейную и две угловых (рисунок 2.23).

Различные виды компонентов комплекта баз могут сочетаться между собой в комплект девятью различными способами (рисунок 2.24).

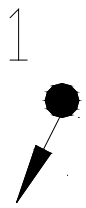
Витебский государственный технологический университет



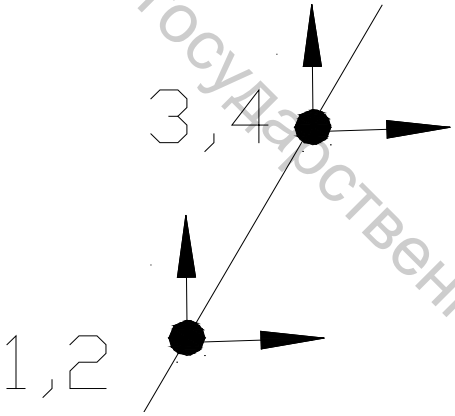
3ОН
Тройная однонаправленная (установочная)



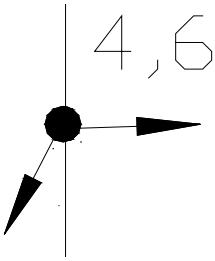
2ОН
Двойная однонаправленная (направляющая)



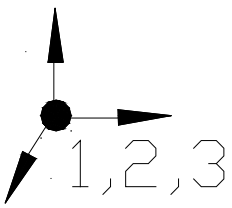
1Б
Одиночная (опорная)



4Б
Четверная (двойная направляющая)



2РН
Двойная разнонаправленная (двойная опорная)



3РН
Тройная разнонаправленная (тройная опорная)

Рисунок 2.23 – Классификация и обозначение баз по числу налагаемых связей

Несложно определить возможные варианты реализации технологических баз. Так, например, тройная однонаправленная (установочная) база может быть реализована:

1) плоскостью модели заготовки;

2) двумя образующими, которые принадлежат пересекающимся или параллельным цилиндрам и лежат в одной плоскости (рисунок 2.25);

3) образующими цилиндра и конуса, лежащими в одной плоскости (рисунок 2.26);

4) направляющей окружностью тора (рисунок 2.27 *а*);

5) наружными точками трех сфер, лежащих в одной соприкасающейся с ними плоскости (рисунок 2.27 *б*);

Витебский государственный технологический университет

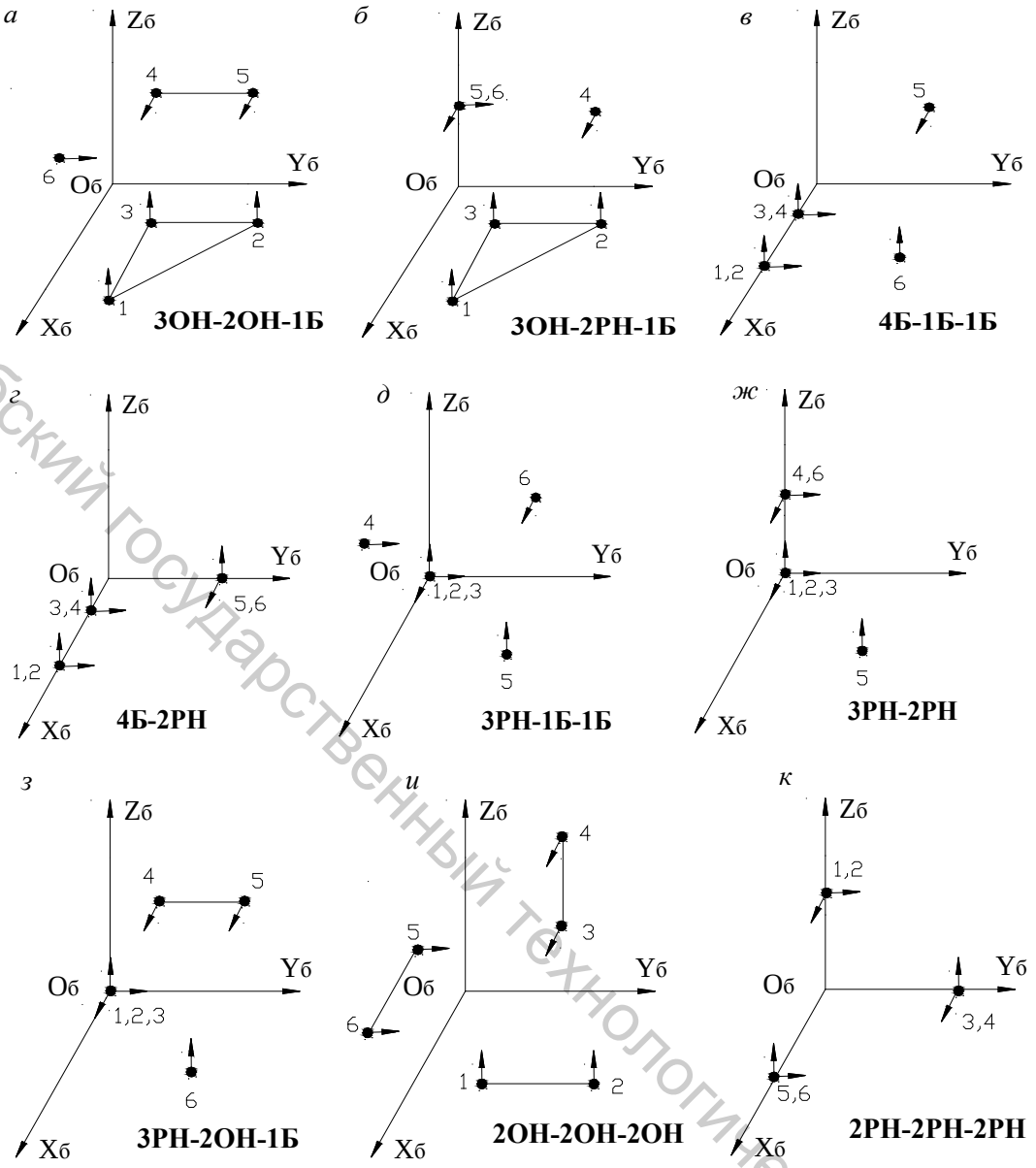


Рисунок 2.24 – Варианты расположения точек сопряжения и количества связей технологических баз ($O_б X_б Y_б Z_б$ – базовая система координат;

1-6 – точки сопряжения; стрелками показаны направляющие векторы):
а) тройная однонаправленная (установочная) (1, 2, 3), двойная однонаправленная (направляющая) (4, 5) и одиночная (опорная) (6) базы; б) тройная однонаправленная (установочная) (1, 2, 3), двойная разнонаправленная (двойная опорная) (5, 6) и одиночная (опорная) (4) базы; в) четверная (двойная направляющая) (1, 2, 3, 4) и две одиночные (опорные) ((5) и (6)) базы; г) четверная (двойная направляющая) (1, 2, 3, 4) и двойная разнонаправленная (двойная опорная) (5,6) базы; д) тройная разнонаправленная (тройная опорная) (1, 2, 3) и три одиночных (опорные) (4),(5),(6) базы; ж) тройная разнонаправленная (тройная опорная) (1, 2, 3), двойная разнонаправленная (двойная опорная) (4, 6) и одиночная опорная (5) базы; з) тройная разнонаправленная (тройная опорная) (1, 2, 3), двойная однонаправленная (направляющая) (4, 5) и одиночная (опорная) (6) базы; и) три двойных однонаправленных (направляющих) (1, 2), (3, 4) и (5, 6) базы; к) три двойных разнонаправленных (двойных опорных) (1, 2), (3, 4) и (5, 6) базы.

Витебский государственный технологический университет

6) двумя пересекающимися (или параллельными) осями цилиндров.

Двойная однонаправленная (направляющая) технологическая база формируется двумя не слившимися точками сопряжения, имеющими одинаковое направление направляющих векторов (рисунок 2.23; рисунок 2.24, *а, з* точки 4,5; *и* – точки 1, 2; 3, 4; 5, 6). Двойная однонаправленная база накладывает на модель заготовки две связи, которые обеспечивают определенность расстояния обрабатываемого элемента ГМЗ вдоль одной из осей базовой системы координат и определенность углового положения (поворота) вокруг одной из двух других осей.

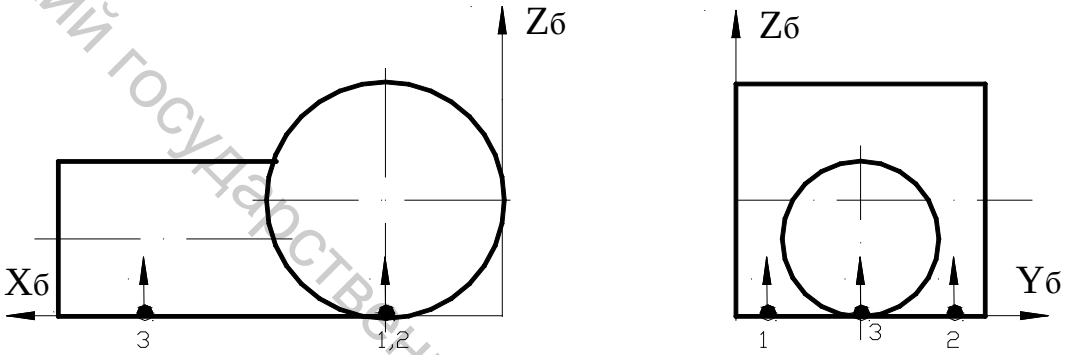


Рисунок 2.25 – Схема реализации тройной однонаправленной (3ОН) базы с помощью двух образующих, принадлежащих пересекающимся цилиндрам и лежащих в одной плоскости

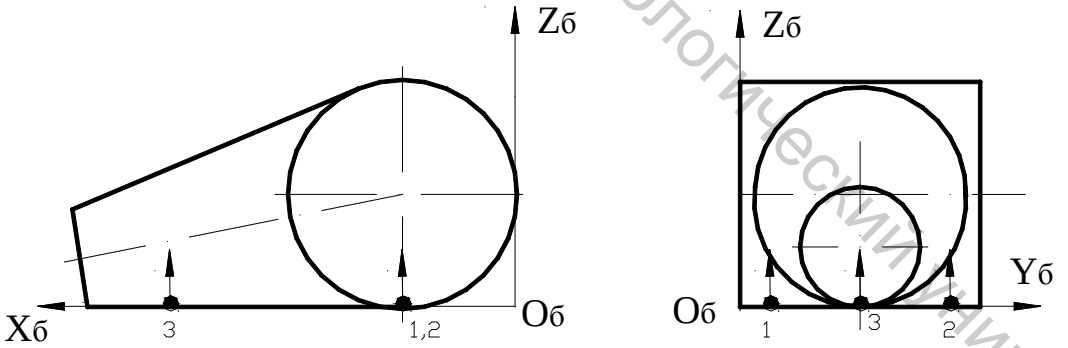


Рисунок 2.26 – Схема реализации тройной однонаправленной (3ОН) базы с помощью образующих цилиндра и конуса, лежащими в одной плоскости

Двойную однонаправленную базу можно реализовать:

1) плоскостью модели заготовки (рисунок 2.28 *а*);

2) осью цилиндра (рисунок 2.28 *б*);

3) образующей цилиндра (рисунок 2.29 *а*);

4) точками, которые лежат на общей касательной к двум наружным цилиндрам (рисунок 2.29 *б*);

Витебский государственный технологический университет

5) линией пересечения двух плоскостей (рисунок 2.30 *а*).

Одиночная (опорная) технологическая база формируется одной точкой сопряжения. Накладывает одну связь – определенность положения обрабатываемого элемента заготовки вдоль направляющего вектора (рисунок 2.23).

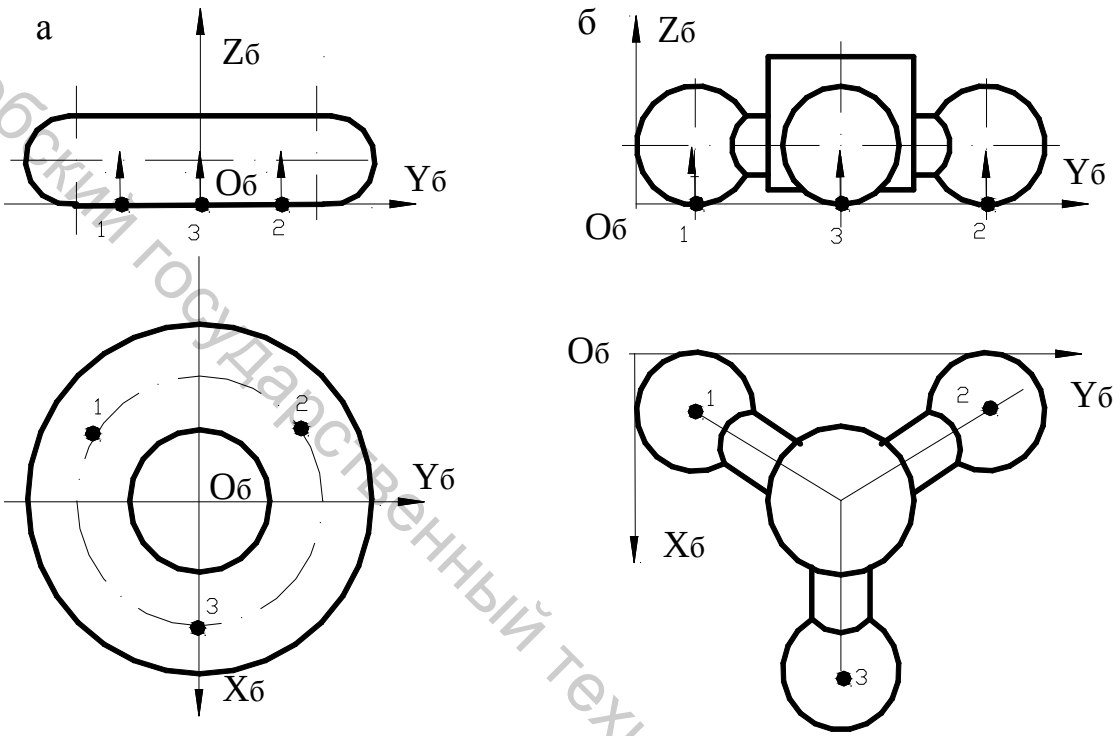


Рисунок 2.27 – Схема реализации тройной однонаправленной (3ОН) базы с помощью: (а) направляющей тора, (б) наружными точками трех сфер, лежащими в одной плоскости

Одиночная база может быть реализована точкой, лежащей на:
1) оси цилиндра, конуса или тора (рисунок 2.30 *б*);
2) плоскости геометрической модели заготовки;
3) образующей цилиндра;
4) линии пересечения плоскостей и т. д.

С помощью оси цилиндрической или конической поверхности заготовки может быть реализована ***двойная разнонаправленная (двойная опорная) технологическая база***, если в одной точке этой оси лежат две слившиеся точки сопряжения, а соответствующие направляющие векторы взаимно перпендикулярны. Эта база накладывает две связи: определенность расстояния обрабатываемого элемента вдоль осей базовой системы координат, параллельных направляющим векторам (рисунок 2.23; 2.24 *б, г* – точки 5, 6; *ж* – точки 4, 6; *к* – точки 1, 2; 3, 4; 5, 6).

Витебский государственный технологический университет

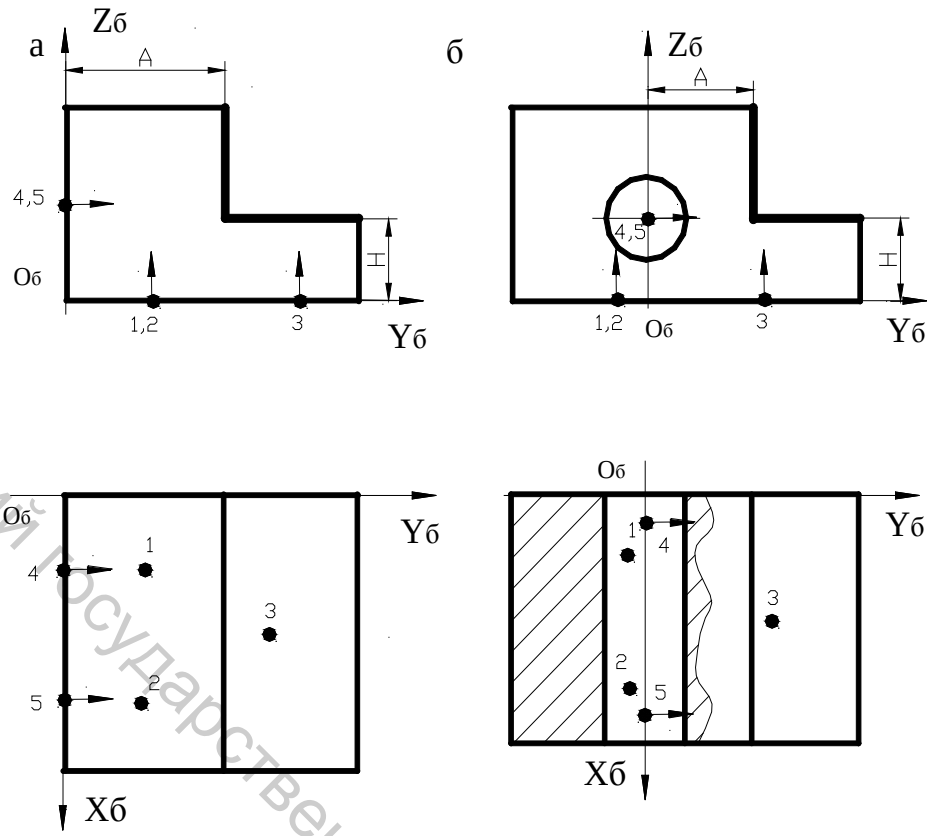


Рисунок 2.28 – Схема реализации направляющей базы с помощью: (а) плоскости, (б) оси цилиндра геометрической модели заготовки

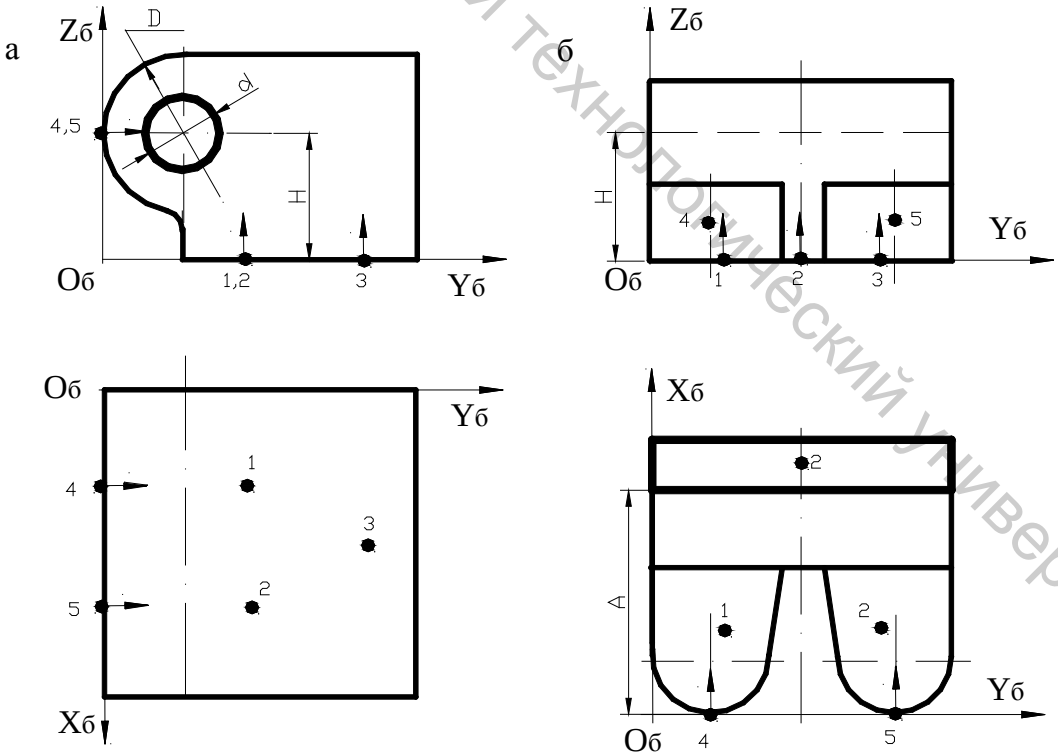


Рисунок 2.29 – Схема реализации направляющей базы с помощью: образующей цилиндра (а), образующими двух наружных цилиндров (б)

Витебский государственный технологический университет

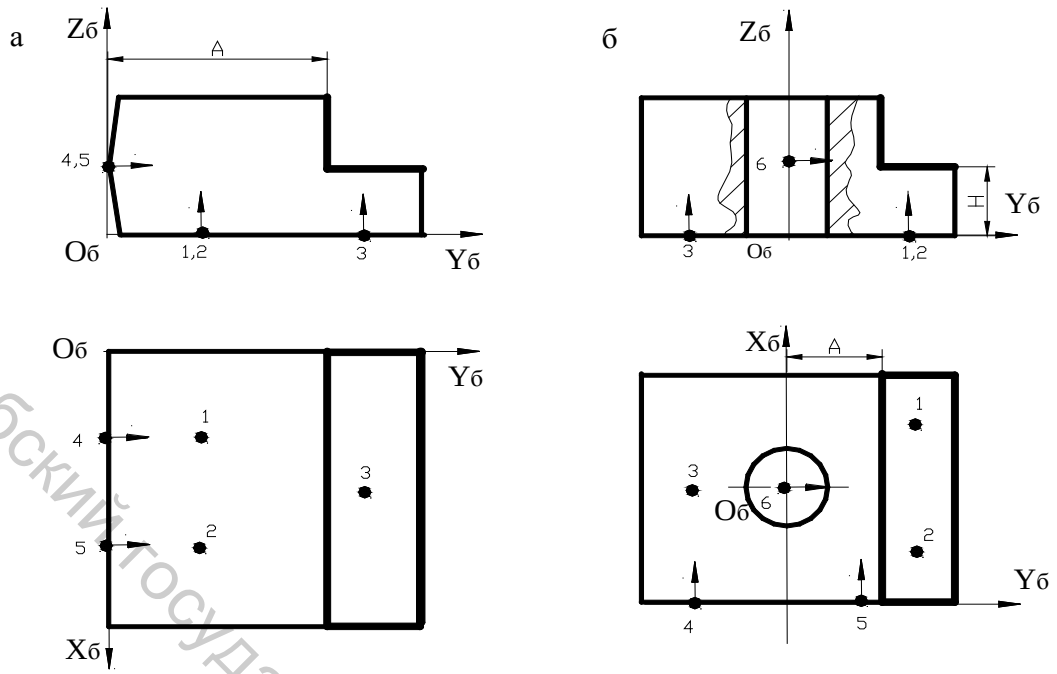


Рисунок 2.30 – Схема реализации направляющей базы с помощью точек, лежащих на: линии пересечения плоскостей (а), опорной базы – с помощью точки на оси цилиндра (б)

С помощью центра сферической поверхности или точки на оси конической поверхности можно реализовать ***тройную разнонаправленную (тройную опорную) технологическую базу***, если в центре сферы или в одной из точек оси конуса расположены три слившиеся точки сопряжения, а соответствующие направляющие векторы взаимно перпендикулярны (рисунок 2.23; 2.24 *д, ж, з* – точки 1, 2, 3). Обычно в эту базу помещают начало базовой системы координат. Тройная разнонаправленная (тройная опорная) база накладывает три связи: определенность положения обрабатываемого элемента заготовки вдоль осей БСК.

С помощью достаточно длинной оси цилиндрической поверхности заготовки можно реализовать ***четверную (двойную направляющую) технологическую базу***, если на этой оси расположены четыре попарно слившиеся точки сопряжения, а направляющие векторы, выходящие из каждой пары слившихся точек сопряжения, взаимно перпендикулярны. Можно представить двойную направляющую базу как сочетание двух лежащих на одной оси и перпендикулярных двойных однонаправленных (направляющих) баз или двух лежащих на одной оси двойных разнонаправленных (двойных опорных) баз. Четверная (двойная направляющая) база накладывает четыре связи: определенность расстояния обрабатываемого элемента заготовки вдоль двух осей базовой системы координат (две связи), перпендикулярных оси, которая реализует данную базу, и определенность углового положения (поворота) вокруг этих же осей (еще две связи) (рисунок 2.23; 2.24 *в, г*, точки 1-4).

Витебский государственный технологический университет

На рисунках 2.31 и 2.32 показаны примеры ***схемы базирования*** заготовки. Состояние заготовки отражается совокупностью размеров и углов, характеризующих положение обработанного конструктивного элемента (в данном случае плоскости, выделенной жирной линией) относительно технологических баз (собственной системы координат). Это расстояние от оси Zб, равное 30±0,2 мм, допуск перпендикулярности относительно плоскости Хб Об Yб и угол 45º±20’ относительно плоскости Хб Об Zб. Острие значка следует направлять в соответствии с направлением направляющего вектора.

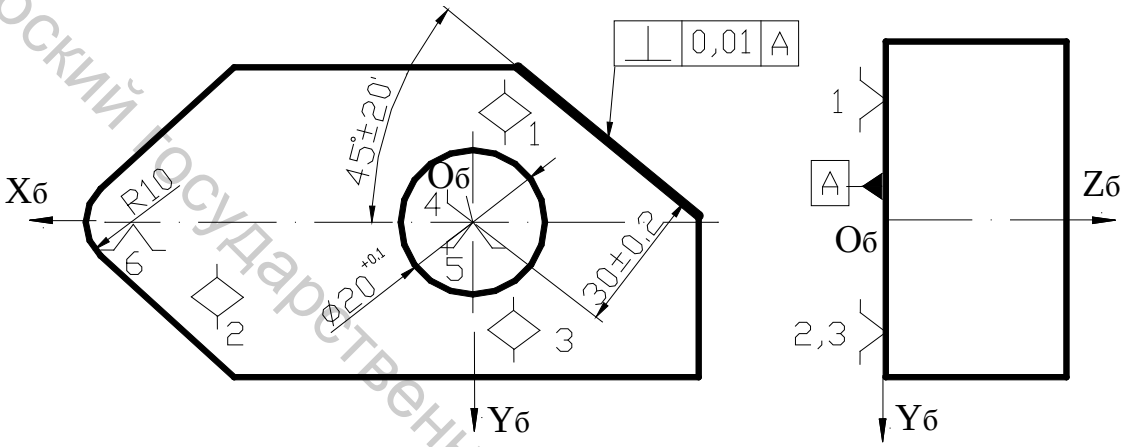


Рисунок 2.31 – Пример схемы базирования:
условные обозначения направляющих векторов

– на виде сбоку; – в плане

Возможные варианты схем базирования можно условно разделить на четыре класса. Первый класс объединяет варианты схем базирования, в которых главной является тройная однонаправленная (установочная) база. Эта база сочетается в комплект либо с двойной однонаправленной (направляющей) и одиночной (опорной) (рисунок 2.32), либо с двойной разнонаправленной (двойной опорной) и одиночной (опорной) базами (рисунки 2.31 и 2.33).

Второй класс объединяет варианты схем базирования, в которых главной является четверная (двойная направляющая) база (ось «длинного» цилиндра). Эта база сочетается в комплект либо с двумя одиночными (опорными) (рис. 2.34), либо с двойной разнонаправленной (двойной опорной) базой.

К третьему классу относятся варианты схем базирования, в которых главной является тройная разнонаправленная (тройная опорная) база. Эта база сочетается в комплект либо с двойной однонаправленной (направляющей) и одиночной (опорной) базами, либо с двойной разнонаправленной (двойной опорной) и одиночной (опорной) базами, либо с тремя одиночными (опорными) базами (рисунки 2.35 и 2.36).

Витебский государственный технологический университет

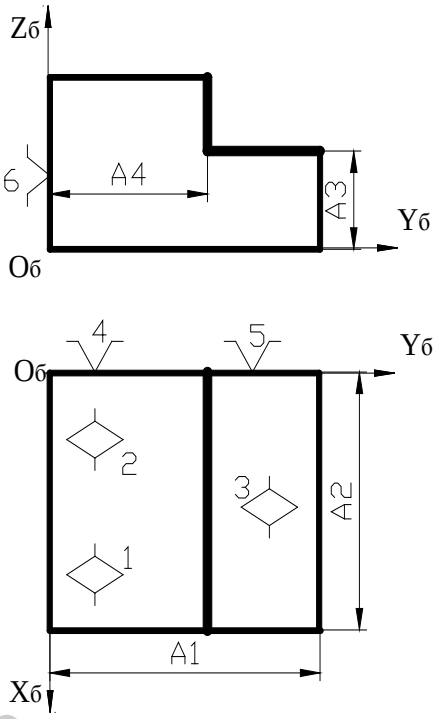


Рисунок 2.32 – Пример схемы базирования

К четвертому классу относятся варианты схем базирования, где нет главной базы, а комплект технологических баз образуется сочетанием трех одинаковых (двойных однонаправленных (направляющих) или двойных разнонаправленных (двойных опорных) (рисунок 2.37)) баз.

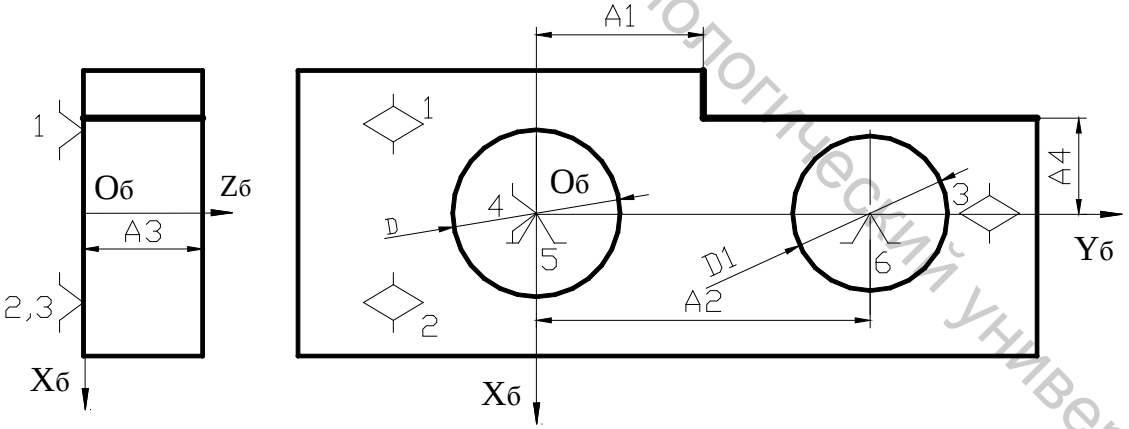


Рисунок 2.33 – Пример схемы базирования первого класса (с двойной опорной базой)

Под ***настроечной*** базой будем понимать обрабатываемую поверхность, по отношению к которой заданы размеры и (или) относительные повороты другой обрабатываемой поверхности при той же схеме базирования. Первая обрабатываемая поверхность ориентирована относительно технологических баз.

Витебский государственный технологический университет

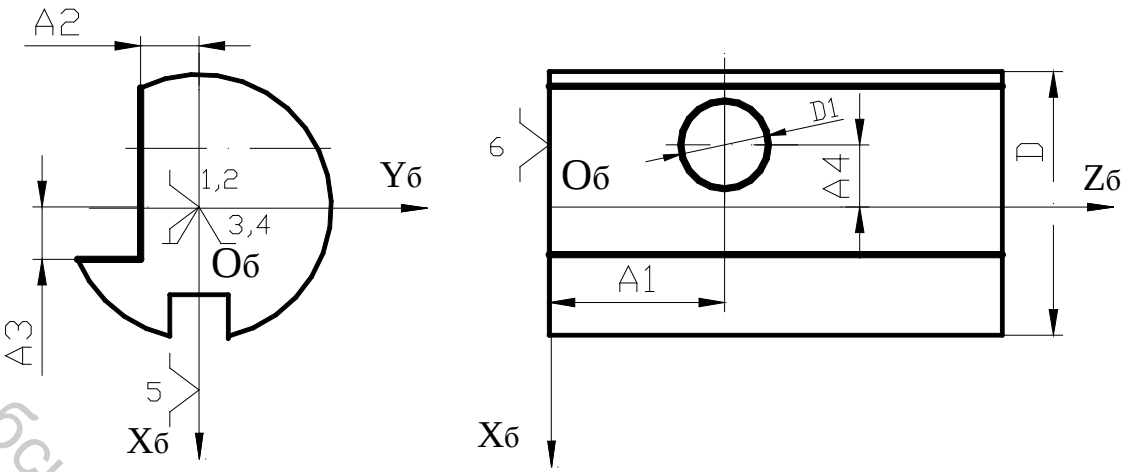


Рисунок 2.34 – Пример схемы базирования второго класса

Так, например, при обработке подшипникового гнезда (рисунок 2.38) при обработке поверхности М настроечной базой является поверхность К. При обработке поверхности Р на станке с ЧПУ, оснащенном поворотным столом (рисунок 2.39), настроечной базой является поверхность F, а при обработке отверстия G настроечной базой является поверхность Н (цепной метод простановки размеров на чертеже).

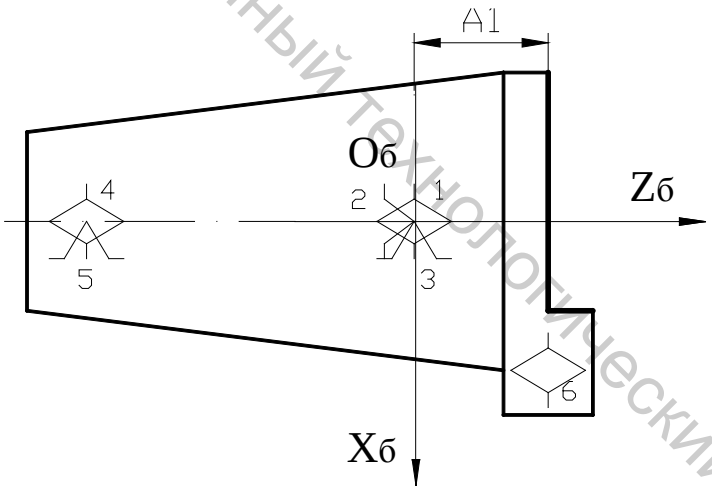


Рисунок 2.35 – Пример схемы базирования третьего класса

Если от комплекта технологических баз ориентируются две поверхности и расстояния (относительные повороты) до них заданы цепным методом, то поверхность, связанная с технологической базой и будет являться настроечной базой. Если цепным методом задано несколько поверхностей, то каждая предыдущая поверхность в цепи будет для последующей настроечной базой.

Витебский государственный технологический университет

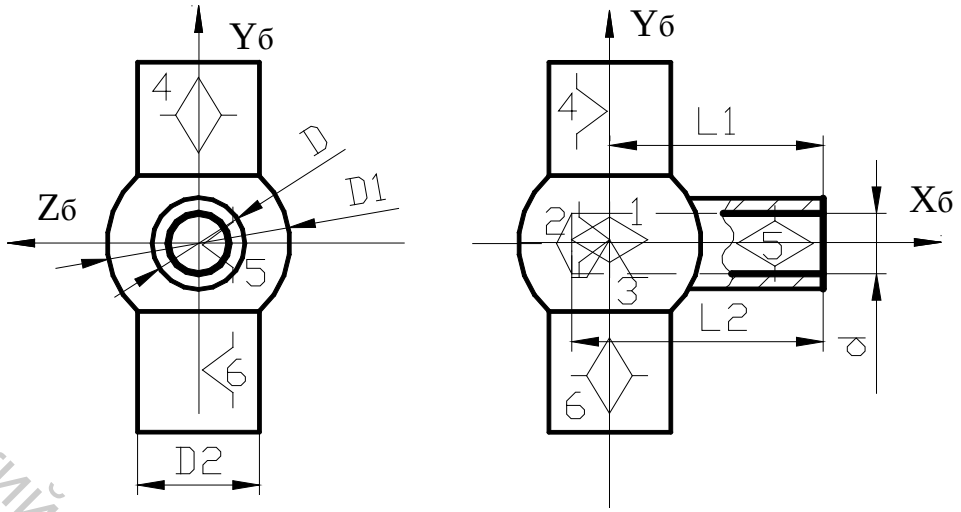


Рисунок 2.36 – Пример схемы базирования третьего класса

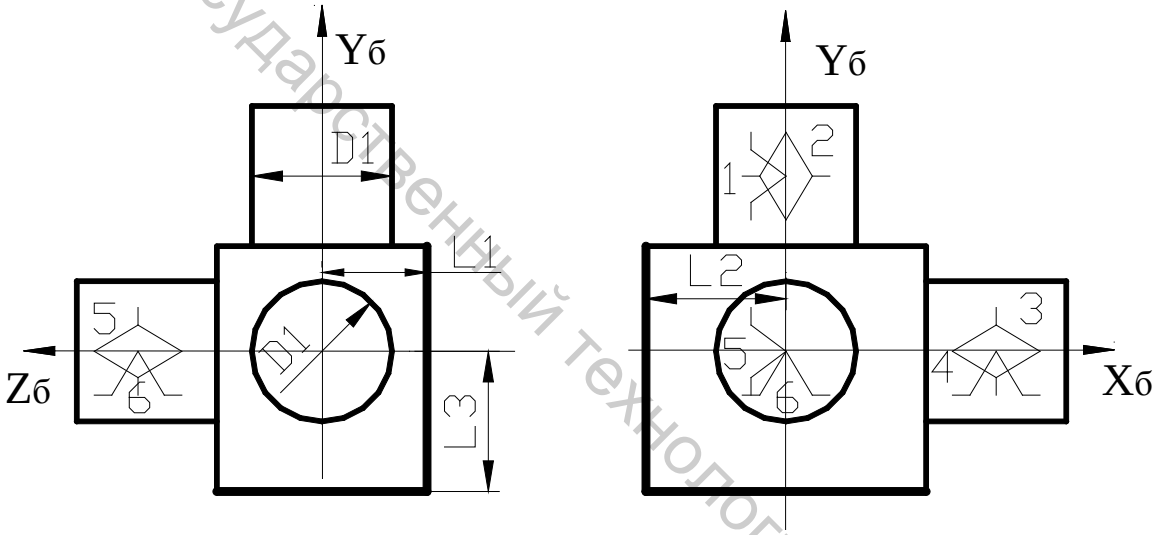


Рисунок 2.37 – Пример схемы базирования четвертого класса

Под теоретической ***схемой установки*** будем понимать графическое изображение геометрической модели заготовки (абсолютно твердого тела, поверхности которого (в том числе плоскости, оси и центры симметрии) идеальны) в состоянии после выполнения рассматриваемой операции, на которой выделены обработанные поверхности, проставлены выдерживаемые размеры и допуски взаимного расположения, условные обозначения установочных и установочно-зажимных элементов, точки приложения и направления силы закрепления.

На рисунке 2.40 показана *схема установки*, соответствующая схеме базирования, показанной на рисунке 2.17, а также проведена установочная система координат.

Витебский государственный технологический университет

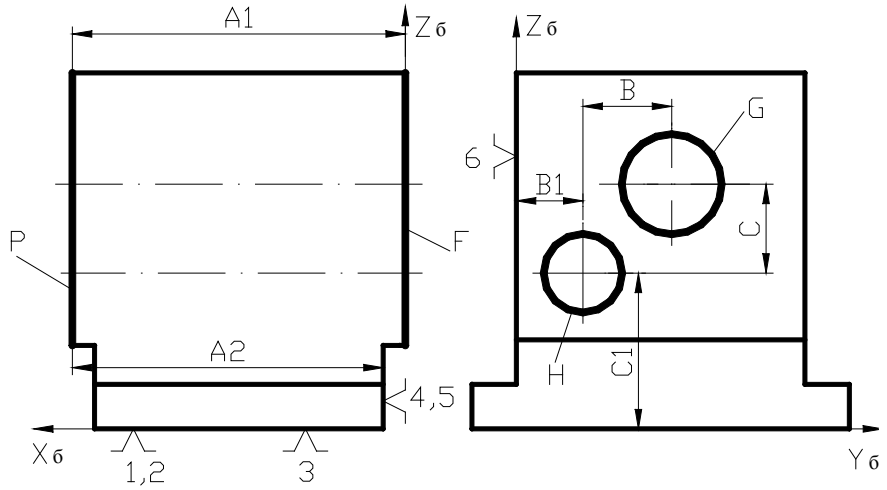


Рисунок 2.38 – Настроечные базы при обработке заготовки на станке с ЧПУ, оснащенном поворотным столом

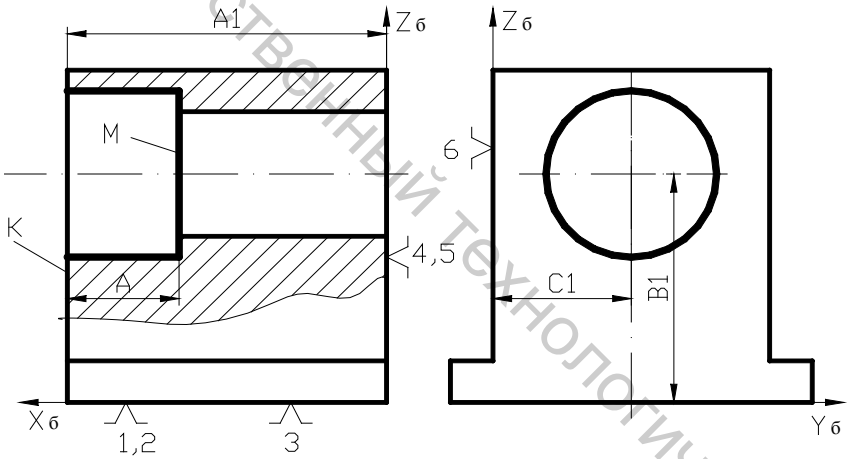


Рисунок 2.39 – Настроечная база при растачивании отверстия

Условными знаками обозначены три плоские опоры, с которыми соприкасается установочная база , цилиндрический палец , и подвижная призма согласно ГОСТ 3.1107-81 «Опоры, зажимы, и установочные устройства. Графические обозначения». Сила закрепления, приложенная вблизи обрабатываемой плоскости, направлена на плоские опоры.

Витебский государственный технологический университет

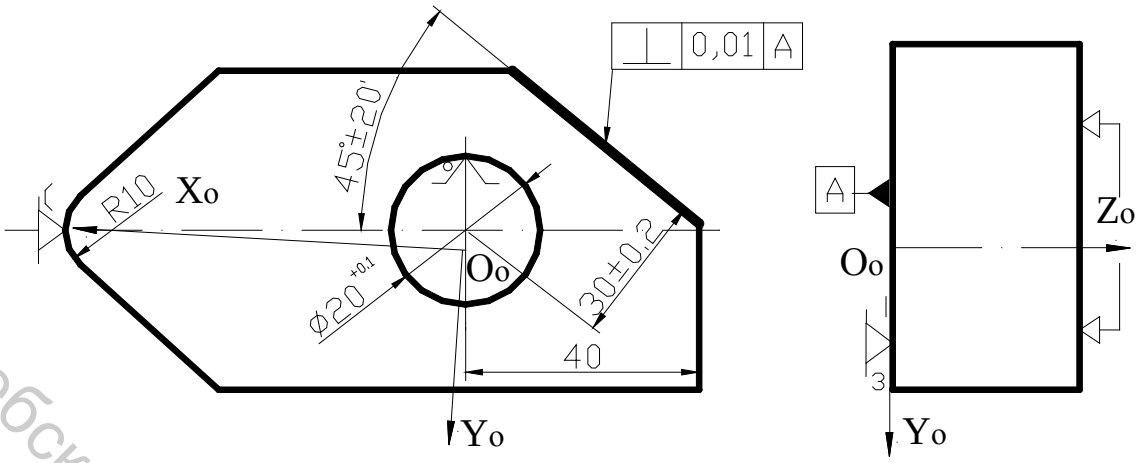


Рисунок 2.40 – Пример схемы установки

В приложении Т приведены условные обозначения установочных и зажимных компонентов приспособлений. Причем в приложении установлено соответствие установочного компонента проектной технологической базе. На рисунках 2.41–2.44 приведены примеры схем установки. Следует отметить, что в указанном ГОСТе отсутствует обозначение некоторых современных опор, зажимов и установочных устройств. Так, например, в нем нет обозначений для клиновых оправок, оправок с тарельчатыми пружинами, клиноплунжерных оправок, втулок, полувтулок и др. В приложении Т на такие элементы приводятся рекомендуемые обозначения.

Таким образом, процесс разработки модели установки заготовки предлагается разделить на пять этапов:

1) определение ***комплекта баз ориентации***;

2) разработка ***теоретической схемы базирования*** (определение числа налагаемых связей)*;*

3) разработка ***теоретической схемы установки*** (выдача задания на проектирование оснастки);

4) оценка ***погрешности схемы установки***;

5) разработка (или выбор) ***конструктивной модели приспособления***.

При переходе от первого этапа проектирования к последнему происходит наращивание объема информации о реальном процессе установки. Однако никогда модель установки не может быть тождественна реальному процессу, да это и не требуется.

Витебский государственный технологический университет

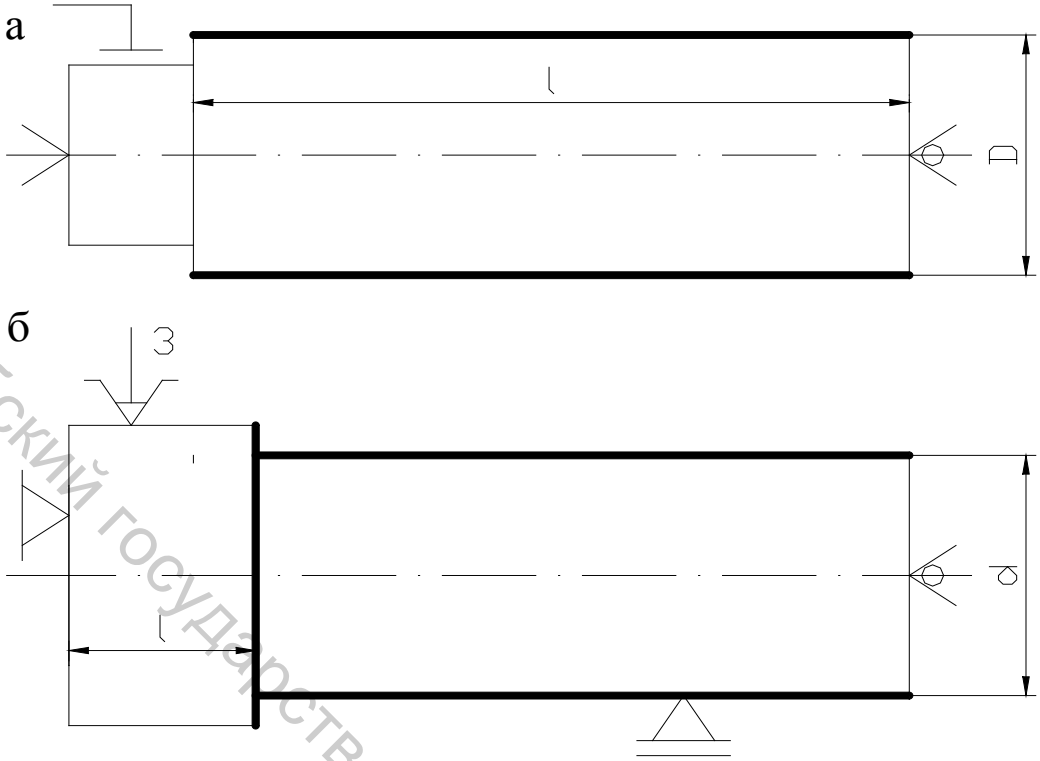


Рисунок 2.41 – Схемы установки цилиндрических заготовок: а – в центрах и поводковом патроне; б – в трехкулачковом патроне, вращающемся центре и подвижном люнете

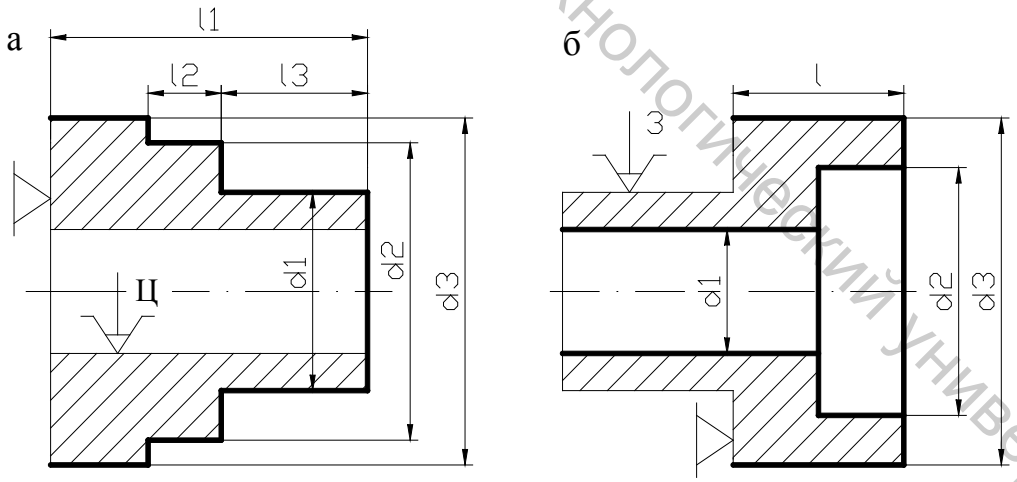


Рисунок 2.42 – Схемы установки цилиндрических заготовок: а – в цанговой оправке; б – в трехкулачковом патроне

Витебский государственный технологический университет

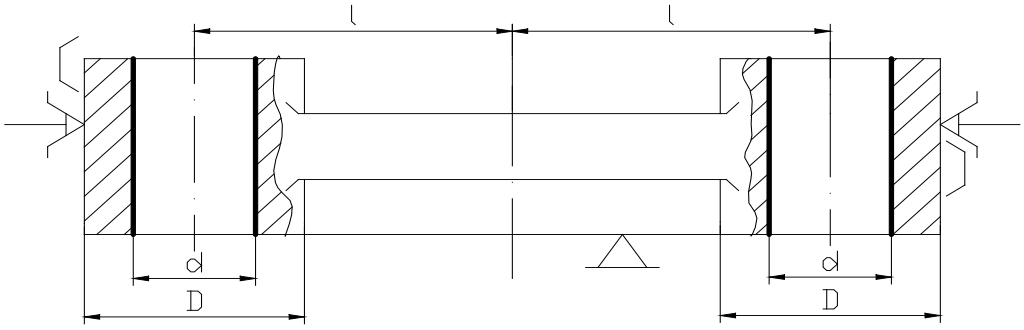


Рисунок 2.43 – Схема установки заготовки в самоцентрирующих тисках с призматическими губками

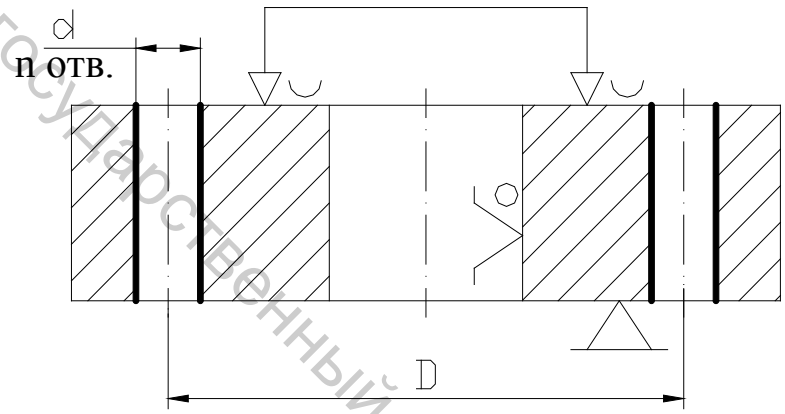


Рисунок 2.44 – Схема установки заготовки на плоскость и цилиндрический палец

2.3.5 Размерная настройка

Кроме элементов расположения (параллельность, перпендикулярность, угол) при обработке необходимо обеспечить заданные расстояния. Это обеспечивается ***размерной настройкой***. При обработке на настроенном станке партии заготовок заданные размеры (расстояния) обеспечиваются соответствующим реальным базированием.

Под размерной настройкой будем понимать ориентацию формообразующих элементов режущей кромки инструмента относительно технологических баз обрабатываемой заготовки и ограничение длины рабочего хода. Если базирование заготовки осуществляется методом сопряжения, то режуще-формообразующая кромка ориентируется относительно установочных элементов приспособления (рисунок 2.45).

Наиболее простым методом размерной настройки является настройка по эталону (рисунок 2.46). Чтобы повысить точность настройки и не повредить режущую кромку инструмента 3 при его подводе к эталону 2, применяют промежуточный элемент щуп 4 заданной

Витебский государственный технологический университет

толщины. Тогда размер эталона (расстояние от установочного элемента) определяется из выражения

$$A_э = A_{эт} - b\,, \tag{2.3}$$

где $A_{эт}$ –размер (высота) эталона, $A_н$ – размер настройки.

В некоторых случаях в качестве начала отсчета при размерной настройке используется технологическая база. Пример такой настройки показан на рисунке 2.47. Заготовка 1 предварительно базируется и закрепляется на столе 2. При помощи щупа 3 калиброванная оправка 4, установленная в шпиндель станка, фиксируется в начальной позиции. Затем при помощи механизмов ручной подачи стола и бабки шпинделя осуществляется перемещение на расстояния *x* и *y* для совмещения осей шпинделя (*O*) с осью будущего (растачиваемого) отверстия (O_1).

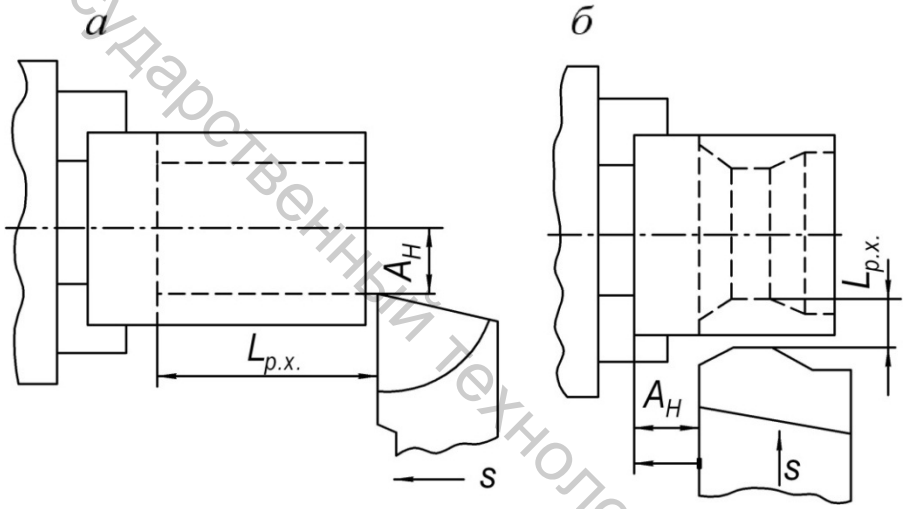


Рисунок 2.45 – Схема размерной настройки при токарной обработке:
а – с продольной подачей $s_{прод}$; б – с поперечной подачей $s_{поп}$; $L_{р.х}$ – длина рабочего хода; $A_н$ – размер настройки

Где

$$x = A + b + d/2\,; \tag{2.4}$$

$$y = B - b - d/2\,. \tag{2.5}$$

Отсчет перемещений осуществляется при помощи лимба или набора концевых мер с индикатором.

Пример настройки при обработке отверстия расположенного под углом к оси другого отверстия показан на рисунке 2.48. Заготовка с помощью индикатора базируется и фиксируется на столе координатно-расточного станка таким образом, чтобы ось оправки с шариком и ось заготовки совпали. Далее осуществляется поворот стола на заданный

Витебский государственный технологический университет

угол α по отношению к оси шпинделя. Ось шпинделя (при помощи индикатора) устанавливается в нуль относительно шарика оправки. Затем осуществляется отвод стола на расстояние *x*, где

$$x = \frac{D}{2}\cos\alpha + (L - a)\sin\alpha. \qquad (2.6)$$

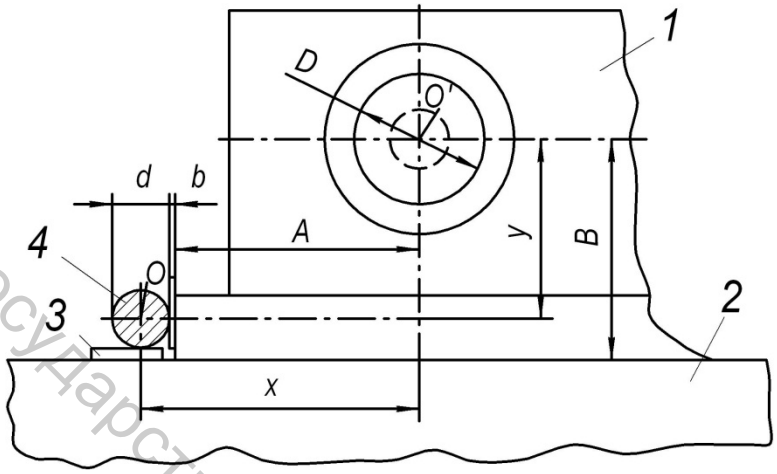


Рисунок 2.47 – Схема настройки на размеры A и B от технологических баз с помощью шкал и лимбов приводов перемещений горизонтально-расточного станка для растачивания отверстия

При размерной настройке резцов в расточных борштангах применяют эталоны или приборы типа «наездник» (рисунок 2.49). Прибор 1, оснащенный индикатором 3 часового типа, настраивается предварительно по изготовленной для этой цели втулке с наружным диаметром $d = 2 \cdot A_{\text{н}}$. Эта втулка по скользящей посадке устанавливается на борштангу. Иногда призма прибора 1 снабжается магнитом, который при необходимости можно выключить. Такой прибор удобнее простого (без магнита). Точность установки резцов по прибору 0,005...0,015 мм. Предварительная размерная настройка инструментов для станков с ЧПУ осуществляется вне станка при помощи оптико-механических приборов.

Некоторые станки с ЧПУ снабжены измерительными преобразователями 2 (рисунок 2.50), которые позволяют осуществить размерную настройку. Для этого каждый из инструментов 1 подводится к измерительному преобразователю 2, который устанавливается на столе станка или на приспособлении с известной высотой $B_{\text{н}}$. Система ЧПУ переводится в режим измерения. При отводе шпиндельной бабки в исходное положение системой определяется расстояние $C_{\text{н}}$, а следовательно и A_u от стола до инструмента. Таким образом, в памяти УЧПУ формируется необходимое перемещение $z = A_u - A_н$ для выхода на размер настройки $A_{\text{н}}$

Витебский государственный технологический университет

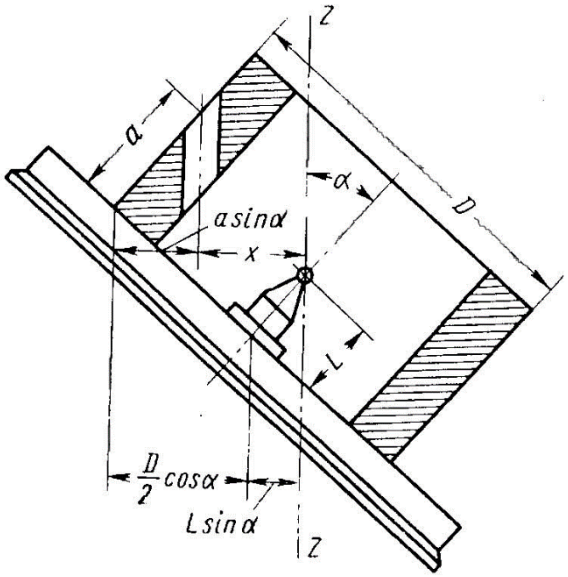


Рисунок 2.48 – Схема настройки для обработки под углом α на расстоянии a

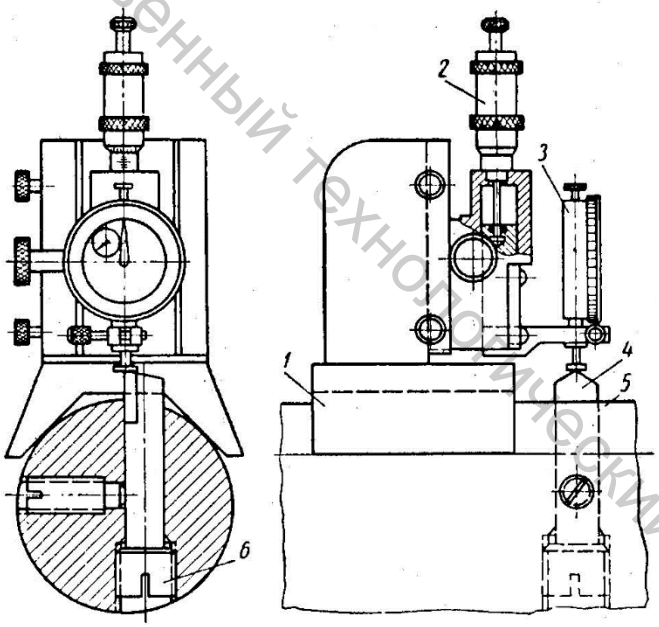


Рисунок 2.49 – Схема настройки резца на размер растачиваемого отверстия

Все описанные выше методы ***статической размерной настройки*** имеют общий недостаток – не учитывают действующие в процессе обработки силы и соответствующие им упругие деформации, вследствие которых фактический размер обработки $A_{факт}$ никогда не равен размеру настройки $A_н$. Последнее обстоятельство во многих случаях имеет существенное значение. Поэтому статическая настройка дополняется динамической, при которой регулирование положения инструмен-

Витебский государственный технологический университет

тов и упоров, ограничивающих длину рабочего хода, осуществляется на основании результатов замера первых обработанных заготовок. Во многих случаях сразу осуществляется динамическая размерная настройка без статической.

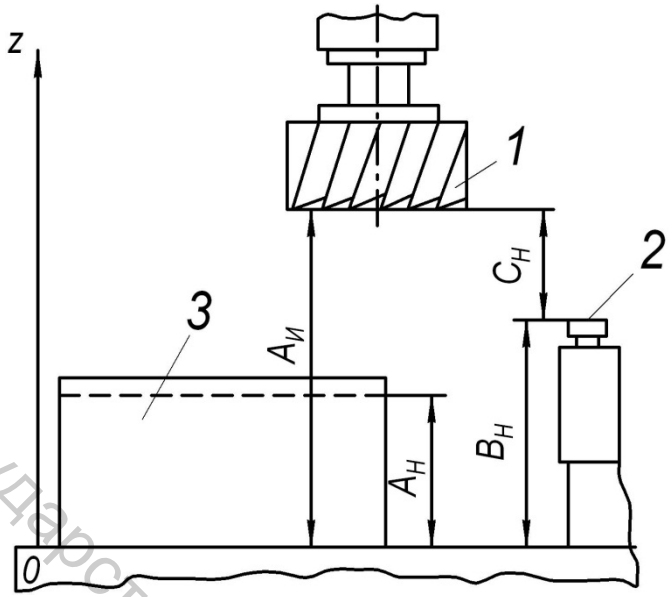


Рисунок 2.50 – Схема размерной настройки инструментов многоцелевого станка с ЧПУ по оси Z

Различают два вида ***динамической размерной настройки***: *единичная*, когда процедура настройки повторяется при обработке каждой заготовки, и *настройка на партию заготовок*, когда настроенным на размер инструментом обрабатывается партия заготовок, соответствующая периоду его стойкости. Единичная динамическая размерная настройка осуществляется методами «*пробной стружки*» и «*пробных проходов*». Пример первого метода, реализуемого на токарном станке, показан на рисунке 2.51.

После включения вращения шпинделя вершина резца переводится из исходного положения (точка 0) до касания с заготовкой (в точке 1). Затем резец отводится вправо (в точку 2), лимб поперечной подачи устанавливается на нуль и осуществляется переход в точку 3 поперечной подачей на $(D - d_1) / 2$. Значение d_1 выбирается согласно неравенству $d_1 > d$, где d – требуемый размер детали. Включается продольная подача, заготовка протачивается на небольшой длине L_1, (переход в точку 4) и резец ускоренно отводится вправо (в точку 5, которая может совпадать с точкой 3). Вращение шпинделя выключается и осуществляется измерение полученного диаметра d_1. Снова включается вращение шпинделя, вершина резца перемещается в точку 6 на расстояние $(d_1 - d) / 2$ и заготовка обрабатывается на полную длину L.

Витебский государственный технологический университет

Недостатком данного метода является относительно низкая точность. Кроме того, окончательно на участке длиной L_1 получается уменьшенный размер, так как этот участок обрабатывается с меньшей глубиной резания, чем вся остальная заготовка.

Метод «пробных проходов» отличается от метода «пробной стружки» тем, что предварительно обрабатывается не малый участок заготовки, а вся заготовка. Далее, после отвода в точку 5, проводится коррекция размерной настройки (перевод в точку 6) и повторная обработка на всей длине. Последнюю процедуру можно повторять несколько раз, пока не будет достигнут заданный размер. Данный метод обеспечивает высокую точность, ограничиваемую только точностью измерения, точностью регулировки (по лимбу винта подачи или по индикатору часового типа) и минимальной глубиной резания, с которой может работать данный инструмент. Однако при обработке методом «пробных проходов» существенно теряется производительность.

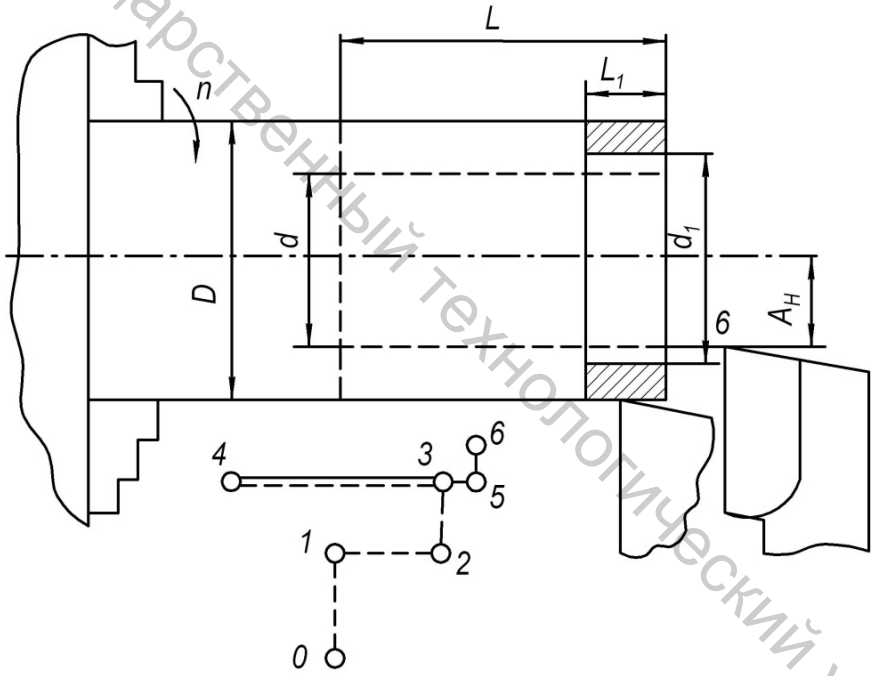


Рисунок 2.51 – Схема размерной настройки методом «пробной стружки»

При *динамической размерной настройке на партию* заготовок необходимо обеспечить не только заданную точность, но и максимальную долговечность работы инструмента между коррекциями размерной настройки, которые производятся несколько раз за период его стойкости. Основной причиной, вызывающей необходимость этой коррекции, является износ инструмента, из-за которого размер обработки может систематически увеличиваться (для наружной поверхности) или уменьшаться (для внутренней).

Витебский государственный технологический университет

Размерная настройка осуществляется в три этапа: 1) индивидуальная настройка по первой заготовке; 2) обработка пробной партии заготовок; 3) анализ результатов измерения деталей пробной партии и первая коррекция, размерной настройки с целью так расположить в пределах поля допуска *размера* мгновенное поле рассеивания технологического размера, чтобы получать максимальный запас на изнашивание инструмента.

2.3.6 Проектирование схем базирования

Первым шагом решения задачи *синтеза состава установочных элементов приспособления* является *идентификация комплекта баз ориентации*. Для этого рассматриваются поверхности сформированных на предыдущем этапе комплектов баз ориентации и определяется характер поверхности (ось поверхности вращения или плоскость).

Всего возможно четыре варианта сочетаний поверхностей (рисунок 2.52). Далее определяется принадлежность рассматриваемого комплекта к одному из четырех описанных выше (раздел 2.3.3). Комплект О-О-О применяется крайне редко.

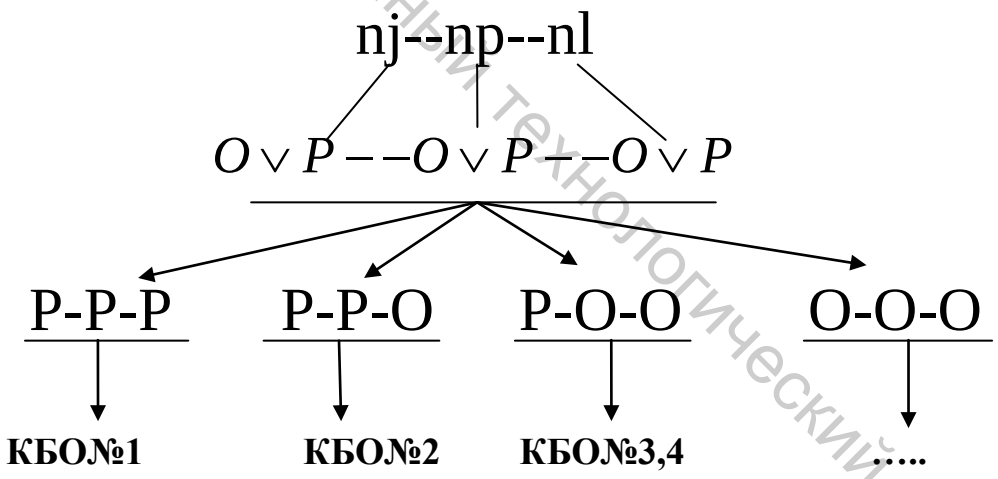


Рисунок 2.52 – Модель идентификации комплекта баз

Для определения функций компонентов комплекта технологических баз ориентации (синтеза схемы базирования) следует пользоваться следующими утверждениями.

Утверждение 1

Схема базирования, в первую очередь, должна обеспечить заданную точность взаимного расположения, а затем точность размеров. Если не обеспечена требуемая точность допуска взаимного расположения, то деталь неизбежно перейдет в неустранимый брак, линейные размеры можно компенсировать.

Витебский государственный технологический университет

Утверждение 2

Технологическими базами могут быть назначены только те компоненты геометрической модели заготовки, от которых заданы размеры до обрабатываемых поверхностей и, по отношению к которым, заданы допуски взаимного расположения (перпендикулярность, параллельность, угол и т. д.) обрабатываемой поверхности. Несоблюдение этого требования приведет к появлению погрешности схемы базирования.

Утверждение 3

Точность взаимного (углового) расположения обеспечивают только тройная однонаправленная (установочная), двойная однонаправленная (направляющая) и четверная (двойная направляющая) базы, а также сочетания двойной разнонаправленной (двойной опорной) и одиночной (опорной) баз и тройной разнонаправленной (тройной опорной) и одиночной (опорной) баз.

Например, на рисунке 2.53 преднамеренно поверхность, по отношению к которой задан допуск перпендикулярности плоскости, взята в качестве одиночной (опорной) базы. Опорная (одиночная) база определяет точку, относительно которой под действием силы резания деталь может поворачиваться.

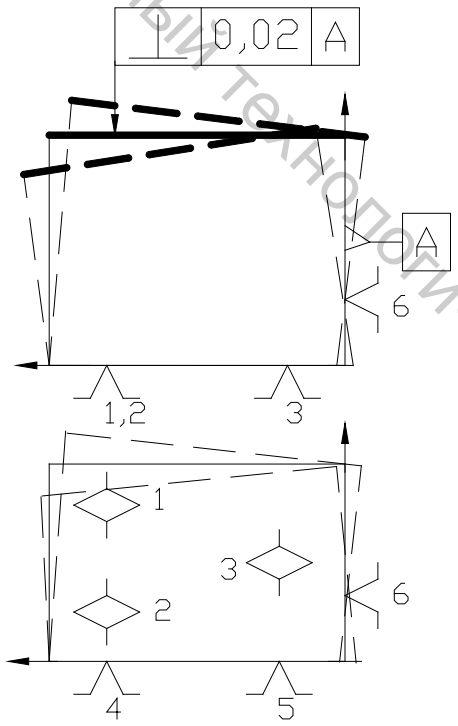


Рисунок 2.53 – Схема базирования, не обеспечивающая допуск перпендикулярности

Установочная (тройная однонаправленная) база определяет плоскость. В этом случае поворот исключается. Тем самым обеспечивается допуск взаимного расположения.

Витебский государственный технологический университет

Утверждение 4

Та технологическая база, по отношению к которой удельный допуск взаимного расположения или расстояний более жесткий, долж-

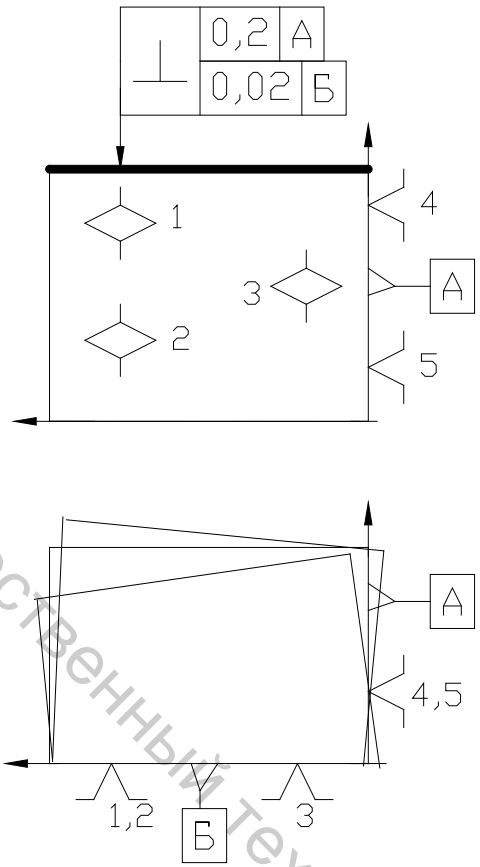


Рисунок 2.54 – Схема базирования, обеспечивающая требования к перпендикулярности плоскости

на накладывать больше связей. Под удельным допуском понимается допуск взаимного расположения, приведенный к одной базовой длине.

Например, на рисунке 2.54 базовая поверхность Б определена тремя направляющими векторами 1-3 как плоскость. Двойная однонаправленная (направляющая) база (точки 4, 5) определяет линию. Перпендикулярность относительно плоскости А, в отличие от плоскости Б, в полном объеме быть обеспечена не может. К плоскости Б допуск жестче, следовательно его обеспечение является приоритетным для конструктора. Поэтому именно плоскость Б – тройная однонаправленная (установочная) база.

Разработан массив продукционных моделей для назначения вида компонентов комплекта технологических баз из 62 алгоритмов (приложение У). *Структура массива* полностью соответствует вариантам корректного задания допусков взаимного расположения относительно комплектов баз (см. раздел 2.3.3). Каждому варианту задания допуска ставится в соответствие алгоритм определения вида компонента комплекта. Для комплекта баз ориентации № 2 на рисунке 2.55 приведен фраг-

Витебский государственный технологический университет

мент массива, некоторые его элементы (алгоритмы в формальном (на языке алгебры логики) виде).

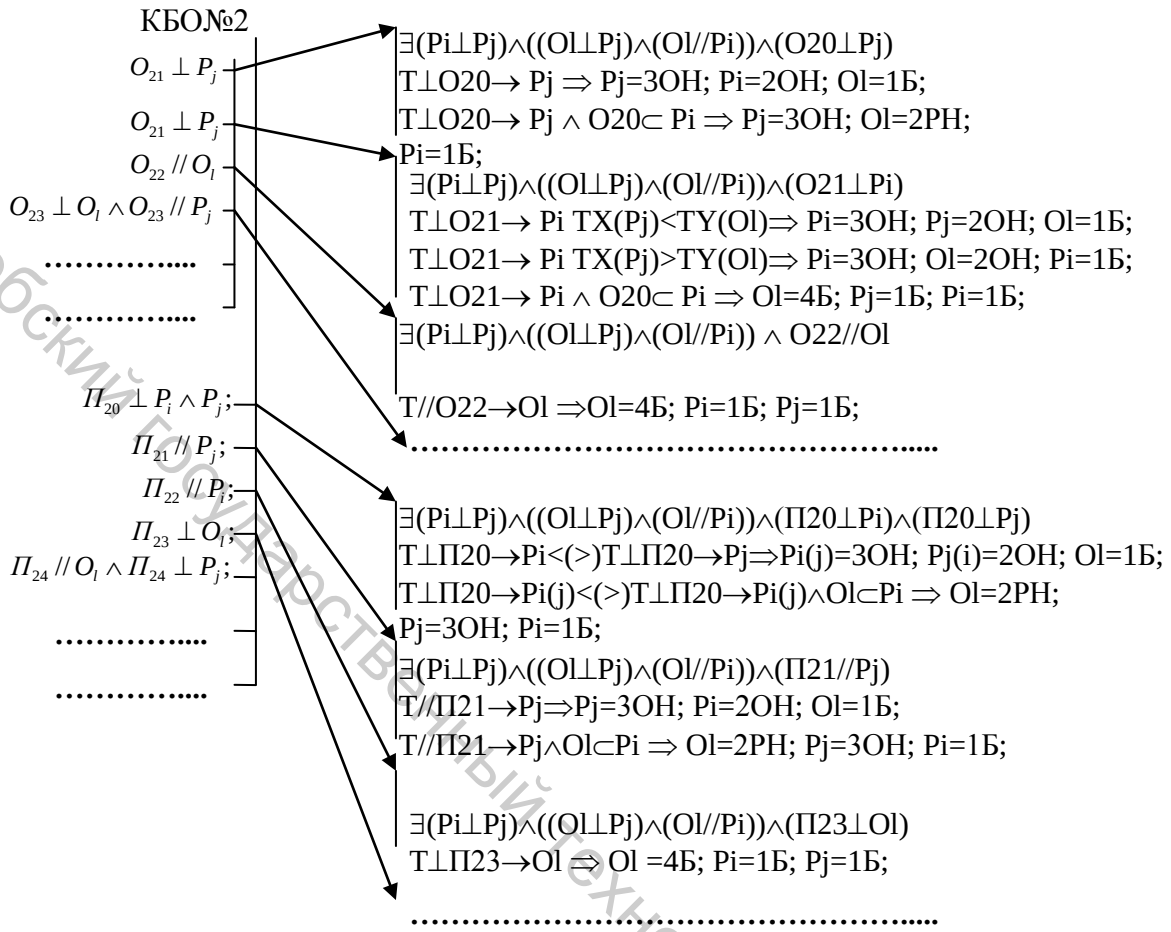


Рисунок 2.55 – Элементы массива продукционных моделей для комплекта баз № 2

Например, алгоритм O21 означает: если существует комплект технологических баз, состоящий из двух взаимно перпендикулярных плоскостей Pi⊥Pj и оси (Ol⊥Pj)∧(Ol//Pi) перпендикулярной одной из них (параллельной другой) и задан допуск перпендикулярности оси поверхности вращения O21 относительно плоскости Pi, а допуск линейного размера относительно Pj меньше допуска линейного размера относительно Ol, то плоскость Pi назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, плоскость Pj двойной однонаправленной (направляющей), ось Ol одиночной (опорной). Если допуск линейного размера относительно Pj больше допуска линейного размера относительно Ol, то плоскость Pi назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, ось Ol двойной однонаправленной (направляющей), плоскость Pj одиночной (опорной) базами. В частном случае, если плоскость Pi совпадает с осью Ol, то ось Ol назначается четверной (двойной направляющей), базой плоскости Pi и Pj назначаются одиночными (опорными) базами (приложение У, рисунок 2.56).

Витебский государственный технологический университет

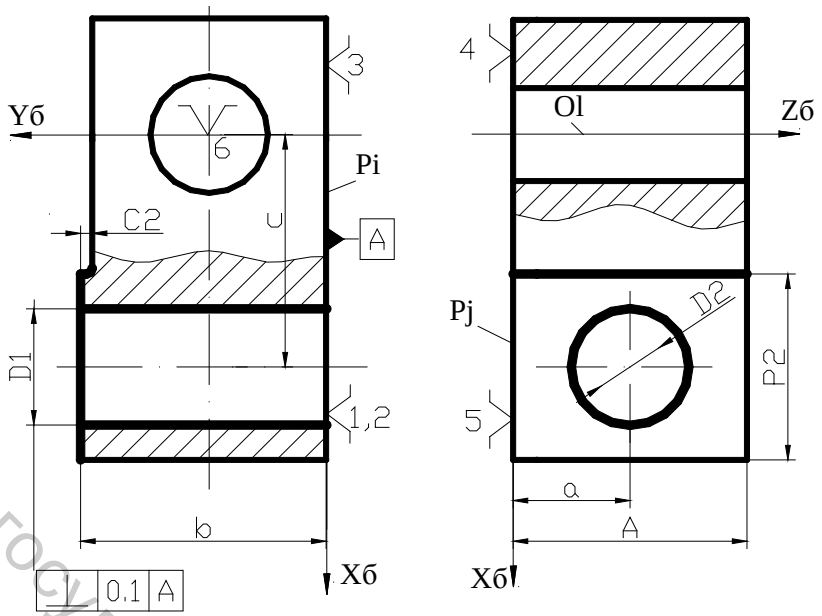


Рисунок 2.56 – Пример назначения вида компонентов комплекта технологических баз по правилу О21

Алгоритм О11 гласит: если существует комплект технологических баз, состоящий из трех взаимно перпендикулярных плоскостей $P_i \perp P_j \perp P_k$ и заданы допуски параллельности главной оси ФМ O_{11} относительно плоскостей P_i и P_j, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости $P_{i(j)}$ меньше численного значения допуска параллельности оси относительно плоскости $P_{j(i)}$, то плоскость $P_{i(j)}$ назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, плоскость $P_{j(i)}$ двойной однонаправленной (направляющей), плоскость P_k одиночной (опорной) базами. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск параллельности оси относительно плоскостей P_i и P_k, P_j и P_k (см. рисунок 2.57).

$\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((O_{11} // P_i) \wedge (O_{11} // P_j)) \vee ((O_{11} // P_i) \wedge (O_{11} // P_k)) \vee ((O_{11} // P_j) \wedge (O_{11} // P_k))$;

$T // O_{11} \rightarrow P_{i(j)} < T // O_{11} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_{i(j)}$=3ОН; $P_{j(i)}$=2ОН; P_k=1Б;

$T // O_{11} \rightarrow P_{i(k)} < T // O_{11} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_{i(k)}$= 3ОН; $P_{k(i)}$=2ОН; P_j=1Б;

$T_{//} O_{11} \rightarrow P_{j(k)} < T_{//} O_{11} \rightarrow P_{k(j)} \Rightarrow P_{j(k)}$= 3ОН; $P_{k(j)}$=2ОН; P_i=1Б.

Алгоритм П 34 означает: если заданы допуски перпендикулярности плоскости $П_{34}$ относительно плоскости P_i и углового расположения относительно плоскости $\{O_l O_n\}$ и численное значение допуска перпендикулярности относительно P_i меньше численного значения допуска углового расположения относительно $\{O_l O_n\}$, то плоскость P_i назначается

Витебский государственный технологический университет

тройной однонаправленной (установочной) базой, одна из осей, от которой задан линейный размер, – двойной разнонаправленной (двойной опорной), вторая – одиночной (опорной) базами . Если численное значение допуска перпендикулярности относительно P_i больше численного значения допуска углового расположения относительно $\{O_lO_n\}$, то плоскость $\{O_lO_n\}$ назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, P_i – двойной однонаправленной (направляющей), одна из осей, от которой задан линейный размер, – одиночной (опорной) базами (рисунок 2.31).

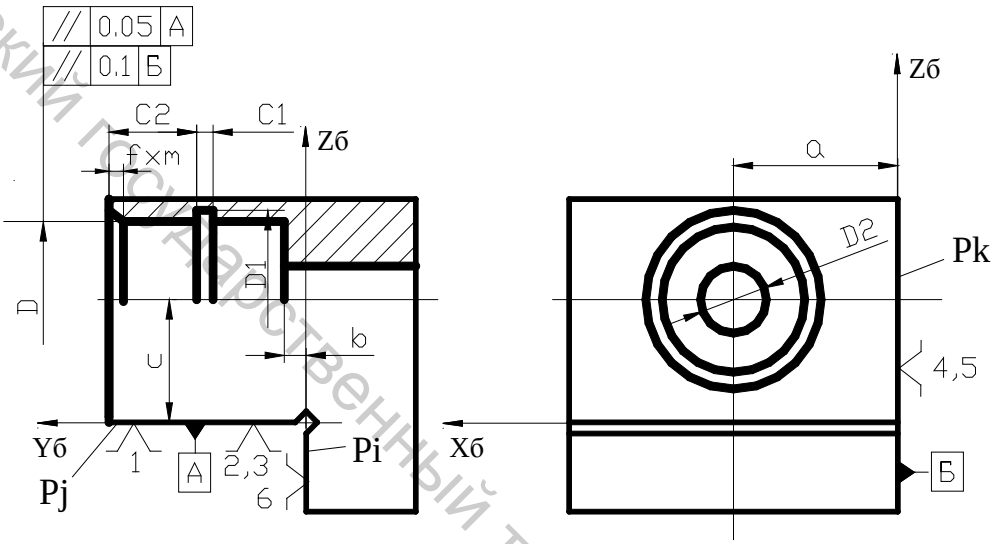


Рисунок 2.57 – Пример назначения вида компонентов комплекта технологических баз по правилу О11

Или в символьном виде:

$\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{34} \angle \{O_lO_n\} \wedge \Pi_{34} \perp P_i)$;

$T\angle\Pi_{34} \rightarrow \{O_lO_n\} > T\perp\Pi_{34} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; $O_{l(n)}$=2РН; $O_{n(l)}$=1Б;

$T\angle\Pi_{30} \rightarrow \{O_lO_n\} < T\perp\Pi_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow \{O_lO_n\}$=3ОН; P_i =2ОН; $O_{n(l)}$=1Б и т.д.

При использовании данной методики логика синтеза проектной базы заменяется логикой выбора, что не совсем удобно для человека, но легко реализуемо с помощью ЭВМ.

Задача проектирования схем базирования актуальна и для немашинного проектирования. Синтез схемы базирования «*вручную*» рекомендуется выполнять согласно приведенным ниже шагам.

Первый шаг. Построить геометрическую модель заготовки с выделением обрабатываемых поверхностей, указанием размерных связей и допусков взаимного расположения, которые необходимо обеспечить на операции.

Второй шаг. Проверив правильность задания допусков взаимного расположения ФМ, согласно 62 правилам однозначности и коррект-

Витебский государственный технологический университет

ности и выявив, если необходимо, неуказанные допуски относительного расположения (перпендикулярность, соосность, симметричность), определить комплект технологических баз ориентации.

Третий шаг. Сформировать базовую систему координат.

Четвертый шаг. Определить вид каждого из компонентов установленного комплекта баз (число налагаемых связей) согласно утверждениям 3, 4 и 5.

В качестве примера проведем обоснование схемы базирования, приведенной на рисунке 2.31, согласно указанному выше алгоритму.

Первый шаг.

Обрабатываемая поверхность – плоскость, перпендикулярная плоскости А, расположенная под углом $45^{o} \pm 20'$ к плоскости, проходящей через ось отверстия $\varnothing\, 20^{+0,1}$ и ось скругления R10, и находящаяся на расстоянии 30±0,2 от оси отверстия $\varnothing\, 20^{+0,1}$.

Второй шаг. Согласно утверждению 2 комплект технологических баз будет состоять из плоскости А и двух перпендикулярных к ней осей (ось отверстия $\varnothing\, 20^{+0,1}$ и ось скругления R10, что соответствует № 3 в таблице 1.3). Расположение обрабатываемой плоскости согласно пункту П34 задано корректно и однозначно.

Третий шаг. Согласно таблице 1.3 строится базовая система координат.

Четвертый шаг. Согласно утверждениям 3, 4 и 5 плоскость А назначается тройной однонаправленной (установочной) базой (обеспечивает перпендикулярность с максимальной точностью). Ось отверстия $\varnothing\, 20^{+0,1}$ назначается двойной разнонаправленной (двойной опорной) базой, а ось скругления R10 – одиночной (опорной).

В том случае, если относительно комплекта ориентируется несколько главных поверхностей конструктивных элементов, то вид компонента комплекта определяется с помощью ранжирования численных значений допусков по компонентам комплекта и последующего определения приоритета компонента (в зависимости от этого значения). Например, если относительно комплекта баз, состоящего из трёх взаимно перпендикулярных плоскостей, ориентируется две оси и заданное численное значение допуска перпендикулярности одной оси относительно одной плоскости меньше численного значения допуска перпендикулярности второй оси относительно второй плоскости, то первая плоскость назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, а вторая (двойной однонаправленной) направляющей.

Для определения вида компонентов комплекта необходимо определить значения указанных и неуказанных допусков взаимного расположения для обрабатываемых поверхностей относительно базовых компонентов, а затем привести эти допуски к длинам баз и длинам обрабатываемых компонентов равным 100 мм. Полученные приведенные

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

допуски позволяют определить вид компонента комплекта баз согласно правилу 5.

Так, например, для рассматриваемой заготовки на операции 005 от баз ориентации (O_l, P_j, протяженность 168), 30 (P_i, протяженность 270х160) обрабатываются поверхности 10 (допуск перпендикулярности (⊥) относительно о24пс (O_l) – 0,20, протяженность 160; допуск перпендикулярности (⊥) относительно о24 (P_j) – 0,25, протяженность 295; допуск на размер (р) относительно 30 (P_i) – 0.7, протяженность 295) и о12 (допуск соосности (◎) в направлении о24пс (O_l) – 0,8, протяженность 68; допуск соосности (◎) в направлении о24 (P_j) – 0,8, протяженность 68; допуск перпендикулярности (⊥) относительно 30 (P_i) – 0,20, протяженность 68). Для определения приведенного допуска значение допуска обрабатываемой поверхности умноженное на 1000 делится на произведение протяженностей соответствующих обрабатываемой и базовой поверхностей. Та базовая поверхность, приведенный допуск по отношению к которой более жесткий, должна накладывать больше связей. На операции 005 приведенный допуск в направлении о24пс (O_l) самый жесткий – 0,074, следовательно – эта ось является двойной направляющей базой, две другие базы ориентации – опорные базы.

Данные анализа сводятся в таблицу определения числа связей (табл. 2.17).

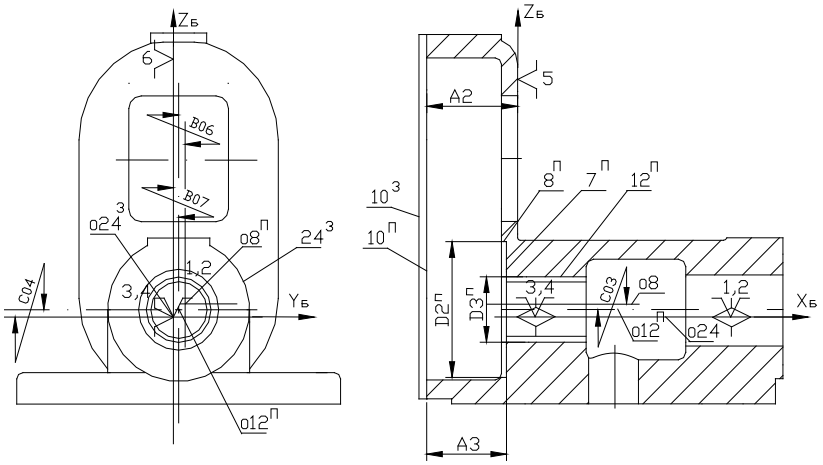
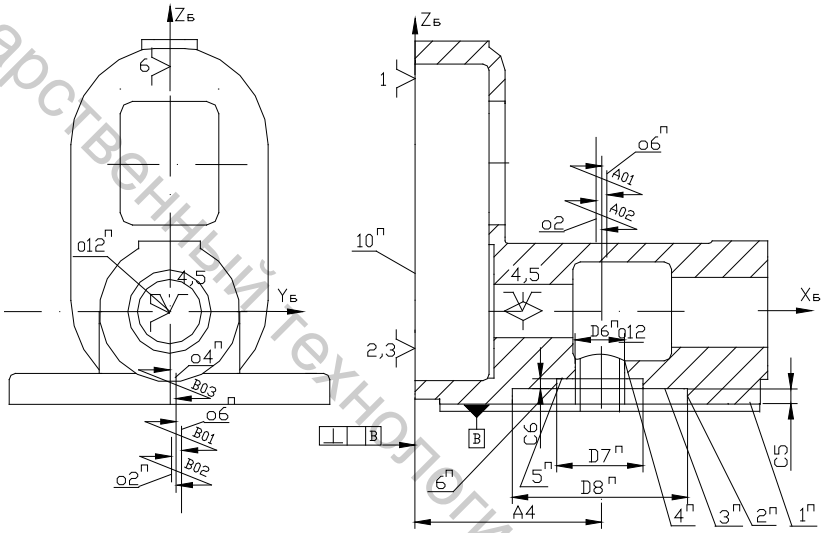
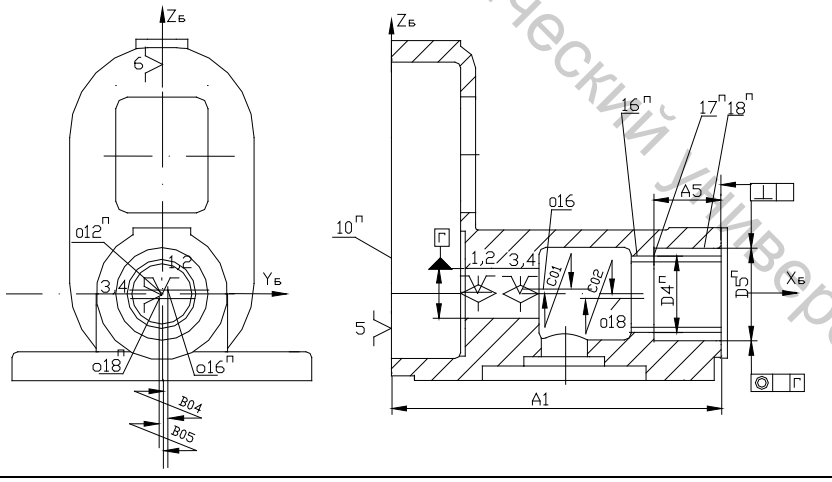
Таблица 2.17 – Определение числа связей

Операция	База			Обрабатываемые поверхности				Приведенный допуск (к8х10000/ /к3хк6)	Вид компонента
	Элемент комплекта баз	Протяженность	К баз	Ориентируемые гл. пов.	Протяженность	Вид допуска	Значение		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	о24пс (ось) о24	168	O_l	10 о12	160 68	⊥ ◎	0,20 0,8	0,074 0,53	дв. напр. опорн.
		168	P_j	10 о12	295 68	⊥ ◎	0,25 0,8	0,05 0,53	
	30 (плоск).	270х160	P_i	10 о12	295 68	Р ⊥	0,7 0,6	0,087 0,32	опорн.
010	10	295х160	P_i	1 о4	260 30	⊥ Р	0,04 0,06	0,0052 0,068	установочн
	о12пс (ось) о12	68	O_l	1 о4	260 30	⊥ Р	0,2 0,16	0,113 0,78	дв. опорная
		68	P_j	1 о4	260 30	Р ⊥	0,2 0,12	0,113 0,59	опорная
…	…	…	…	…	..	…	…	…	…

Схемы базирования сводятся в таблицу маршрута обработки (таблица 2.18).

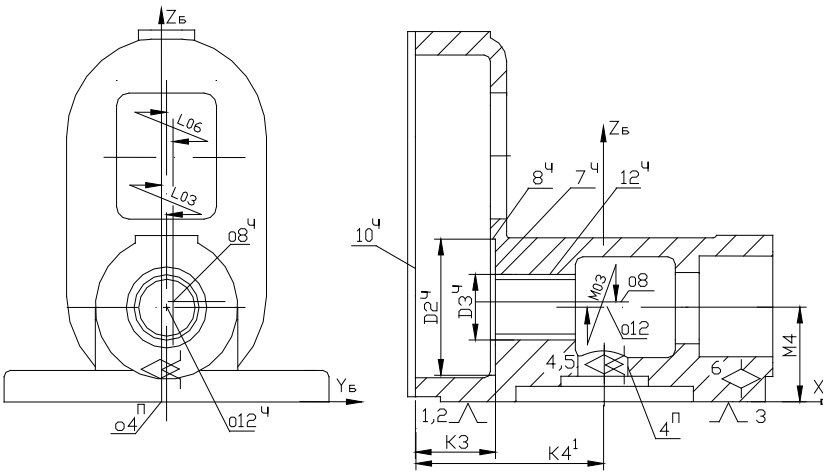
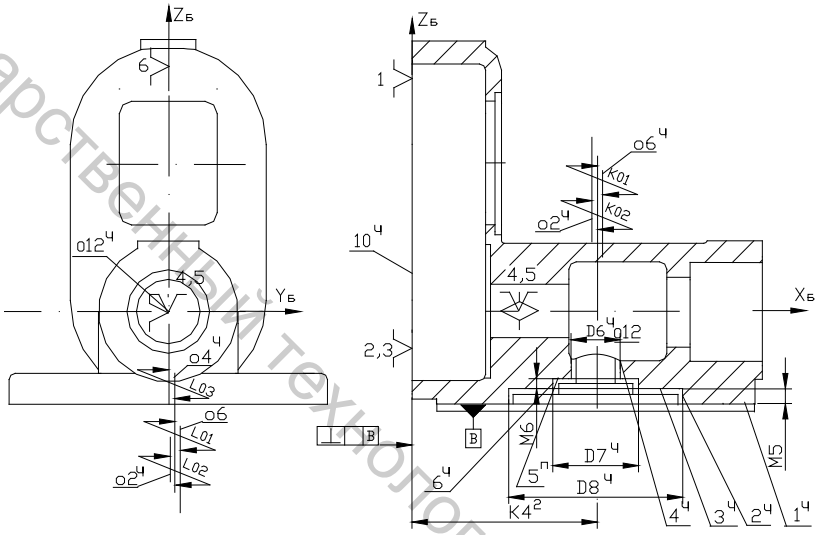
Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.18 – Маршрут обработки заготовки

Этап	Операция	Теоретическая схема базирования
1	2	3
1	005	
1	010	
1	015	

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.18

1	2	3
4	030	
…	…	…
4	040	
…	…	…

2.3.7 Проектирование схем установки

Задачу структурного *синтеза схемы установки* предлагается решать в терминах абстрактных условных установочных элементов. Для чего применен метод типовых технических решений (Тр), при реализации которого вид компонента схемы базирования заменяются соответствующими условными установочными элементами.

Замену элемента схемы базирования элементом схемы установки предлагается осуществлять с помощью схемы соответствия вида компонента установочным элементам (рисунок 2.58, см. приложение Т) и таблицы сокращения вариантов технических решений (приложение Т, элементы приведены в таблице 2.19).

Следует отметить, что в ГОСТ 3.1107-81 (СТ СЭВ 1803-79) отсутствует обозначение некоторых используемых в настоящее время опор, зажимов и установочных устройств. Так, например, в ГОСТ нет

Витебский государственный технологический университет

обозначений для магнитной плиты, клиновых оправок, оправок с тарельчатыми пружинами, клиноплунжерных оправок, втулок, полувтулок и др.

Для реализации метода синтеза технических решений необходимо отобрать варианты установочных компонентов для реализации проектных баз комплекта ТБ. Выбранные компоненты заносятся в морфологическую таблицу, столбцы которой соответствуют функциям реализации той или иной технологической базы и закрепления, а строки – вариантам функциональных компонентов. Для комплекта проектных технологических баз – тройная однонаправленная (установочная), двойная однонаправленная (направляющая), одиночная (опорная), абстрактная морфологическая таблица будет иметь вид, представленный в таблице 2.20. Здесь Ф1, Ф2, Ф3– функции наложения определенного числа связей.

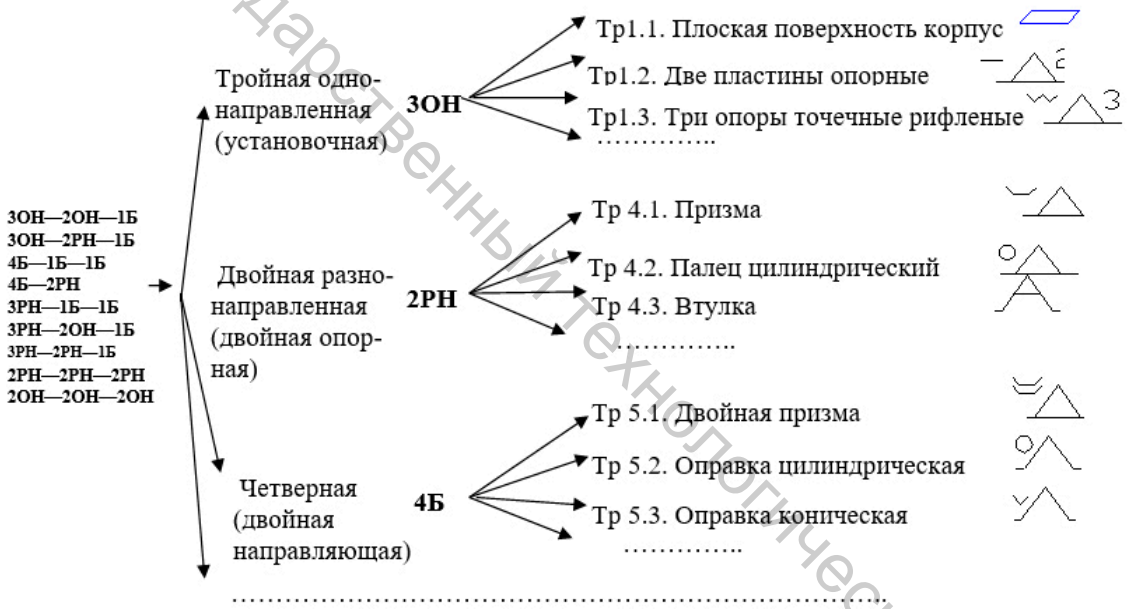


Рисунок 2.58 – Фрагмент схемы соответствия вида компонента возможным установочным элементам

Таблица 2.19 – Элементы таблицы сокращения вариантов

База	Код	Тип производства					Габариты и масса обрабатываемой детали				…
		е	мс	с	кс	м	м	с	к	ок	…
3ОН	Тр 1.1	**х**	**х**	**х**			**х**	**х**			…
	Тр 1.2	**х**	**х**	**х**	**х**	**х**		**х**	**х**	**х**	…
	Тр 1.3	**х**	**х**	**х**	**х**	**х**		**х**	**х**	**х**	
	…										…

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.19

2ОН	Тр 2.1	**х**	**х**	**х**			**х**	**х**			…
	Тр 2.2	**х**	**х**	**х**	**х**			**х**	**х**	**х**	…
	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	..

При выборе вариантов технических решений, заносимых в морфологическую таблицу, с помощью таблицы сокращения вариантов учитываются следующие ограничения: тип производства, габариты и масса обрабатываемой детали, показатели качества базы, поверхность базирования (наружная, внутренняя), тип поверхности, характер базы (явная, скрытая), вид обработки (отделочная, чистовая, предварительная).

Окончательно решение о выборе необходимого набора компонентов может быть принято с помощью интегральных показателей сложности состава компонентов схемы установки на основе коэффициентов сложности (стоимости) установочных, установочно-зажимных компонентов.

Таблица 2.20 – Морфологическая таблица

Функции		
Ф1	Ф2	Ф3
Тр 1.1. Тр 1.2. ..... Тр 1.i.	Тр 2.1. Тр 2.2. ..... Тр 2.j.	Тр 3.1. Тр 3.2. ..... Тр 3.k.

Если в морфологической таблице число сочетаний компонентов невелико, (до 20) и проектирование проводится без помощи ЭВМ, то выбор наилучшего варианта комплекта возможен путем полного перебора сочетаний компонентов.

В противном случае число рассматриваемых вариантов уменьшается методом отбора по столбцам, а именно способом сокращения числа рассматриваемых вариантов путем исключения наихудших комбинаций.

Таблица 2.21 – Таблица парных комбинаций

Технические решения	Технические решения			
	Тр 3.1.	**Тр 3.2.**	**...**	**Тр 3.k.**
Тр 1.1.	Тр11,31	Тр11,32	Тр11,...	Тр11,3k
Тр 1.2.	Тр12,31	Тр12,32	Тр12,...	Тр12,3k
...	Тр...,31	Тр...,32	...	Тр...,3k
Тр 1.i.	Тр1i,31	Тр1i,32	Тр1i,...	Тр1i,3k

Витебский государственный технологический университет

Для реализации способа сокращения числа рассматриваемых вариантов путем исключения наихудших комбинаций необходимо из морфологической таблицы выбрать два столбца (из первых трех) с наименьшим количеством вариантов технических решений (i<k<j) и образовать из них все возможные парные комбинации (таблица 2.21).

Сравнительный анализ этих комбинаций позволяет две-три из них (например, подчеркнутые) отнести к наилучшим и включить в дальнейшее рассмотрение, а остальные – исключить. Из исходной таблицы выбирается следующий столбец с наименьшим из оставшихся числом вариантов технических решений и составляется из них и отобранных парных комбинаций все возможные тройные комбинации. Сравнительный анализ позволит выделить и отбросить неэффективные сочетания и оставить те, которые имеют максимальную эффективность. В конце концов, остается некоторое множество комбинаций, которое сокращается до одного – двух технических решений.

Направление силы зажима (в случае применения компонентов, не имеющих зажимных элементов) определяется в направлении технологической базы, накладывающей наибольшее количество связей. В случае применения призмы и компонента реализующего одиночную (опорную) базу (за исключением самоцентрирующего компонента) возможно направлять силу зажима на этот компонент. Причем этот компонент располагается на максимальном удалении от оси технологической базы.

Таким образом, формируется схема установки – основная часть задания на выбор или проектирование конструкции приспособления (или состава типовых установочных, установочно-зажимных и зажимных элементов при базировании на столе станка и т. п.)

Пусть необходимо спроектировать теоретическую схему установки для обработки заготовки на операции 005.

Из приложения Т отберем приемлемые технические решения и занесем их в морфологическую таблицу 2.22.

Таблица 2.22 – Отобранные с помощью таблицы сокращения вариантов, компоненты схемы установки

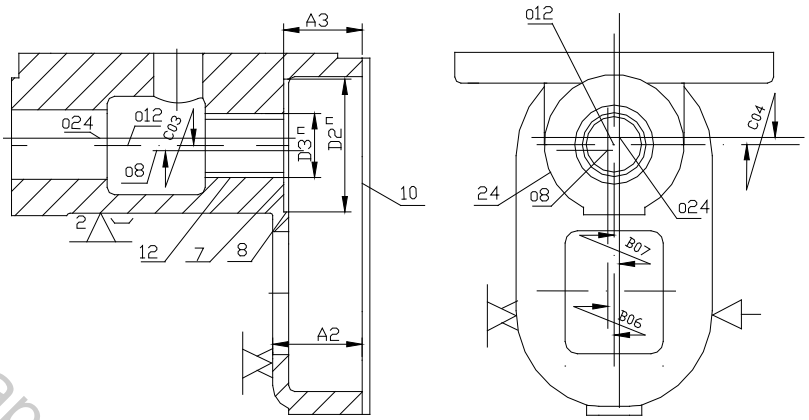
База	Установочный компонент	Код
Двойная направляющая	Двойная призма	Тр 5.10.
Опорная	Опора точечная неподвижная с плоской поверхностью	Тр 3.1.
	Опора точечная неподвижная с рифленой поверхностью	Тр 3.3.
	Опора плавающая с плоской поверхностью	Тр 3.4.
	Опора плавающая с рифленой поверхностью	Тр 3.6.
Опорная	Опора точечная неподвижная с плоской поверхностью	Тр 3.1.
	Опора точечная неподвижная с рифленой поверхностью	Тр 3.3.
	Зажим самоцентрирующийся	Тр 3.9.

Витебский государственный технологический университет

Окончательно принимаем сочетание Тр5.10. Тр3.3. Тр3.3 .

Проекты схем установки оформляются в виде таблицы схем установки (таблица 2.23).

Таблица 2.23 – Теоретические схемы установки

Этап	Операция	Теоретическая схема установки
1	005	
1	010	…

2.4 Погрешность теоретической схемы установки

Погрешность установки заготовки в приспособлении обусловлена: 1) погрешностями формы и относительного положения технологических баз; 2) погрешностями, заложенными при проектировании технологического процесса (погрешность схемы базирования и погрешность схемы установки); 3) погрешностями закрепления. Погрешности технологических баз приводят к смещению $\Delta_б$ измерительных баз (рисунок 2.59) и проявляются как стационарные случайные погрешности обеспечиваемых на данной операции размеров A и B, поскольку в данной задаче размер настройки $A_н$ считается неизменным.

Схема базирования должна быть спроектирована таким образом, чтобы базовая система координат лежала на компонентах ГМЗ, от которых заданы размеры и показатели угловой ориентации обрабатываемых элементов заготовки. Если это требование ***невозможно выполнить***, то появляются условия для возникновения *погрешности схемы базирования*. Условия для возникновения погрешности схемы базирования имеют место, когда из-за некорректной простановки размеров или по другим причинам невозможно создать БСК на компонентах ГМЗ, от которых заданы размеры и показатели угловой ориентации обрабатываемых элементов заготовки.

Витебский государственный технологический университет

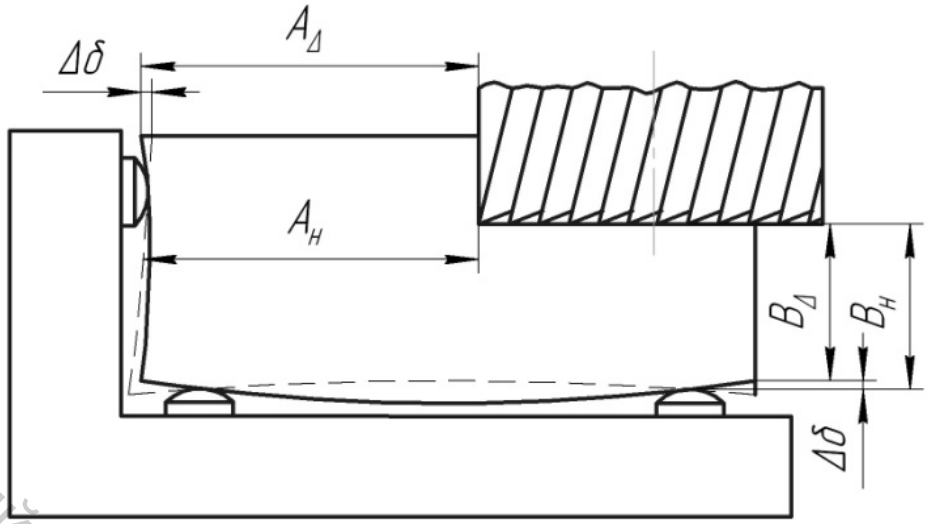


Рисунок 2.59 – Схема формирования погрешности базирования

Пример указанной ситуации приведен на рисунке 2.60. Положение оси обрабатываемого отверстия определяется углом *β*, который откладывается от плоскости Б, перпендикулярной установочной базе (плоскость С), и расстоянием A_n, которое откладывается от наружного диаметра ГМО. Плоскость Б будет направляющей базой. Провести третью плоскость СКО через точку М нельзя, так как в этом случае не получится декартовой системы координат. Кроме того, ее положение не является постоянным, а зависит от диаметра *D*, который изменяется в пределах допуска. Поэтому эту плоскость ССК (Е) следует провести через точку О. В таком случае размер A_n зависит от фактического значения радиуса детали и колеблется в пределах допуска. Тогда погрешность схемы базирования

$$\Delta_{сб}(A_n) = TD/2. \qquad (2.7)$$

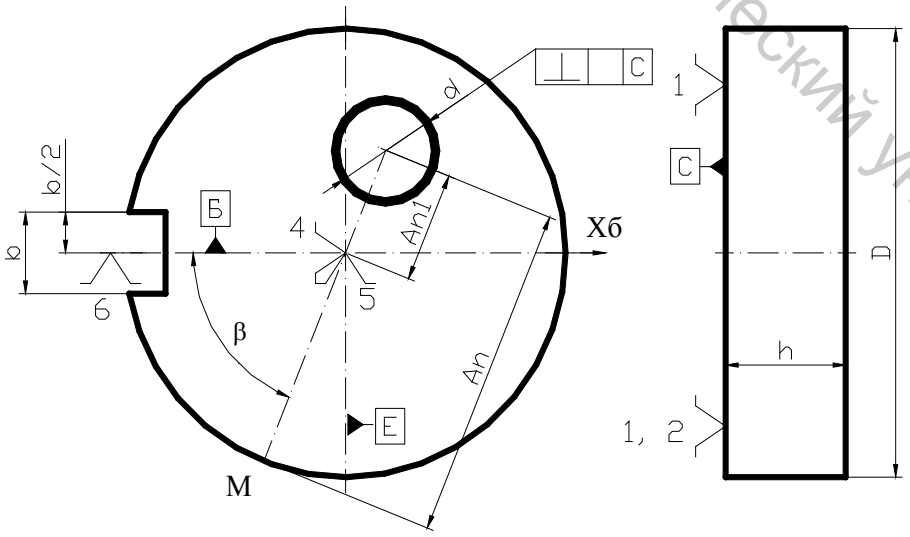


Рисунок 2.60 – Иллюстрация условий для проявления погрешности схемы базирования по размеру

Витебский государственный технологический университет

Если задать размер A_{n1} вместо A_n , то условий для появления погрешности схемы базирования не будет.

На этапе проектирования теоретической схемы установки нужно обеспечить контакт технологических баз с моделями установочных компонентов (сформировать опорные точки) тем самым определить положение установочной системы координат (УСК) (рисунок 2.61). Однако, это возможно далеко не всегда, особенно если технологические базы являются скрытыми. Тогда возникают условия для появления *погрешности теоретической схемы установки*. Погрешностью теоретической схемы установки будем называть поле рассеяния отклонений положения установочной системы координат от базовой системы координат при разработке схемы установки.

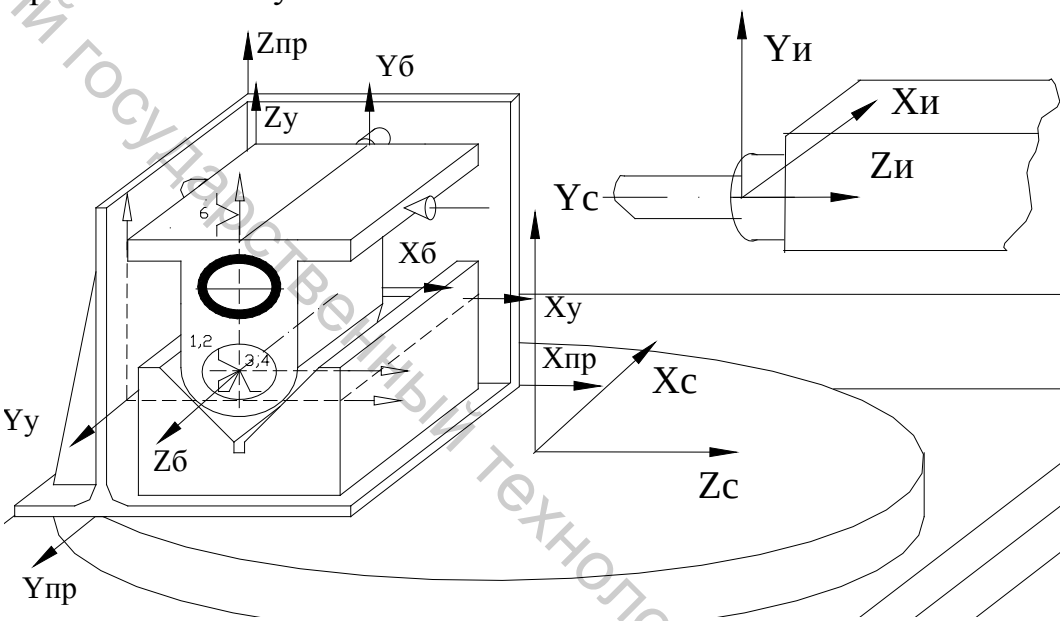


Рисунок 2.61 – Взаимное расположение систем координат:
б *базовая система координат (система координат объекта производства);* у *– установочная (опорная) система координат;* пр *– система координат приспособления;* с *– станок;* и *– инструмент*

Таким образом, при проектировании схемы установки желательно совместить опорную систему координат с базовой (собственной), чтобы не создавать условия для возникновения *погрешности схемы установки* – меры несовпадения опорной и базовой систем координат.

Погрешностью схемы установки будем называть поле рассеяния отклонений положения базовой системы координат от заданного при разработке схемы установки. При этом считается, что технологические базы не имеют погрешностей формы. Причиной возникновения погрешности схемы установки являются погрешности размеров объекта производства, которые получены на этапах обработки, предшествующих рассматриваемому. Погрешность схемы установки относят обычно к размерам, выполняемым на рассматриваемой операции.

Витебский государственный технологический университет

Например, на операции фрезерования выполняются размеры A_2 и B_2 (рисунок 2.62), для чего режущие кромки фрезы устанавливаются относительно компонентов ОСК на расстояния, соответствующие размерам настройки $A_н$ и $B_н$. Другие погрешности обработки, возникающие по разным причинам, в данной задаче не учитываются. При выполнении

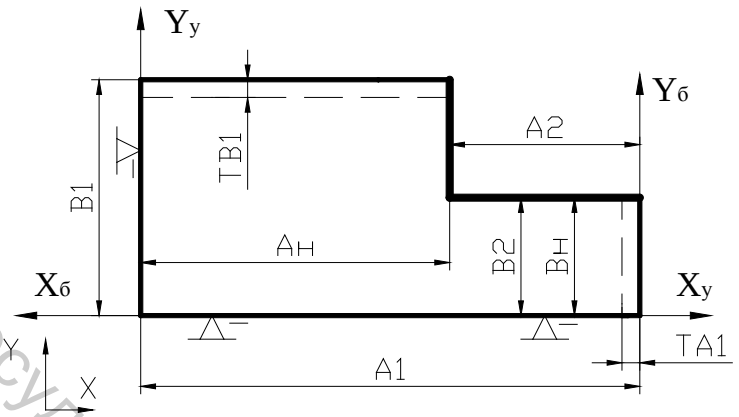


Рисунок 2.62 – Операционный эскиз

размера A_2 ось $Y_у$ УСК не совпадает с осью $Y_б$ СКО. Следовательно, условия для возникновения погрешности схемы установки по этому размеру имеются. До рассматриваемой операции в направлении оси X выполнен размер A_1 с допуском TA_1. Поскольку размер настройки $A_н$ остается постоянным для всей обрабатываемой партии деталей и другие погрешности в данной задаче не учитываются, то A_2 может изменяться только в зависимости от размера A_1 в пределах допуска TA_1.

Погрешность схемы установки проявляется как случайная величина, так как причина, ее порождающая (погрешность размера A_1), тоже является случайной величиной. Принято считать, что погрешность схемы установки – симметричная случайная величина, которая подчиняется нормальному закону распределения с математическим ожиданием, равным нулю. Тогда ее характеристикой будет максимально возможное поле рассеяния, в рассматриваемом случае TA_1. Следовательно, можно записать

$$\Delta_{су}(A_2) = TA_1, \qquad (2.8)$$

где $\Delta_{су}(A_2)$ – погрешность схемы установки по размеру A_2.

При выполнении размера B_2 оси $X_б$ (СКО) и $X_у$ (УСК) совпадают. Следовательно, условий для возникновения погрешности схемы установки нет. Действительно, случайные погрешности размера B_1 не влияют на положение $X_б$, т. е. на размер B_2.

Очень часто погрешность схемы установки зависит не от одного, а от нескольких размеров. В таких случаях алгоритм решения задачи определения погрешности схемы установки многозвенной размерной цепи состоит из следующих этапов: 1) на операционном эскизе указы-

Витебский государственный технологический университет

ваются все выполненные ранее и выполняемые на рассматриваемой операции размеры, СКО и УСК, а также размеры настройки (рисунок 2.63, а); 2) строится размерная цепь (рисунок 2.63, б); 3) определяется погрешность замыкающего звена, которым является выполняемый размер. При этом погрешность настроечного размера $A_н$ считается равной нулю, так как она, оставаясь постоянной для всей партии обрабатываемых деталей, не может быть источником случайной погрешности.

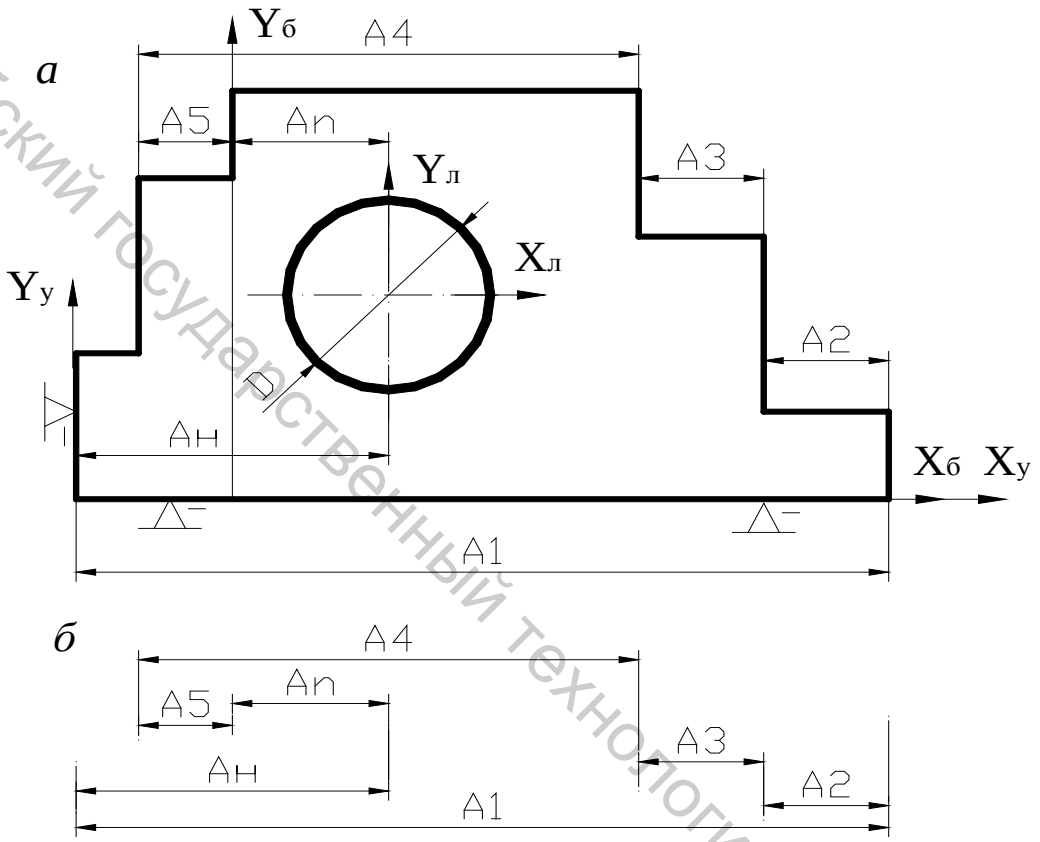


Рисунок 2.63 – Расчетная схема и размерная цепь

Максимально возможное (но весьма маловероятное) значение погрешности схемы установки определяется по формуле

$$\Delta_{cy}(A_n) = \sum_{i=1}^{n-1} TA_i, \qquad (2.9)$$

где n – число звеньев размерной цепи.

Из математической статистики известно, что при заданной доверительной вероятности P поле рассеяния случайной величины (в нашем случае погрешность звена размерной цепи A_i) связано со стандартным отклонением, а следовательно, и с дисперсией D_i следующим равенством: $TA_i = \lambda_i \sqrt{D_i}$, где λ_i – коэффициент, зависящий от закона распределения рассматриваемого звена и доверительной вероятности P. С другой стороны, известно, что если случайная величина является алгебраи-

Витебский государственный технологический университет

ческой суммой других случайных величин, то дисперсия суммы равна сумме дисперсий слагаемых. На этом основании можно записать для линейной размерной цепи:

$$\Delta_{cy}(A_n) = \lambda_n \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (TA_i / \lambda_i)^2}, \qquad (2.10)$$

где λ_i для нормального закона распределения равен 3, а для закона равной вероятности – 1,732.

Последним выражением предлагается пользоваться при $n > 3$ (если погрешности составляющих звеньев распределены по нормальному закону) и при $n > 6$ (если погрешности составляющих звеньев распределены по закону равной вероятности).

Для случая, показанного на рисунке 2.63, можем записать

$$\Delta_{cy}(A_n) = \sqrt{TA_1^2 + TA_2^2 + TA_3^2 + TA_4^2 + TA_5^2}\,. \qquad (2.11)$$

Погрешность схемы установки для *плоской размерной цепи* определяется так же, как и для многозвенной линейной цепи. Отличие состоит только в том, что все звенья плоской размерной цепи необходимо спроектировать на направление вектора замыкающего звена. Например, размерная цепь для схемы, показанной на рисунке 2.64 *а*, изображена на рисунке 2.64 *б*. Размерная настройка в данном случае осуществляется от начала УСК. Проектируя звенья размерной цепи на A_n, получаем

$$A_н - B_1 \sin\alpha - A_1 \cos\alpha - A_n = 0. \qquad (2.12)$$

Тогда

$$\Delta_{cy}(A_n) = TB_1 \sin\alpha + TA_1 \cos\alpha \qquad (2.13)$$

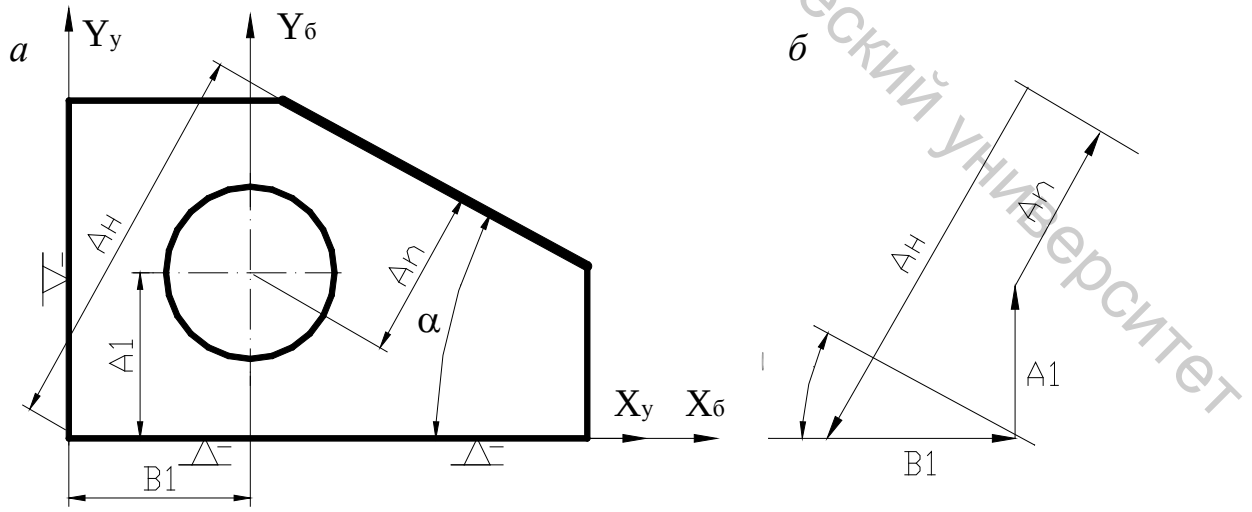


Рисунок 2.64 – Расчетная схема и плоская размерная цепь

Витебский государственный технологический университет

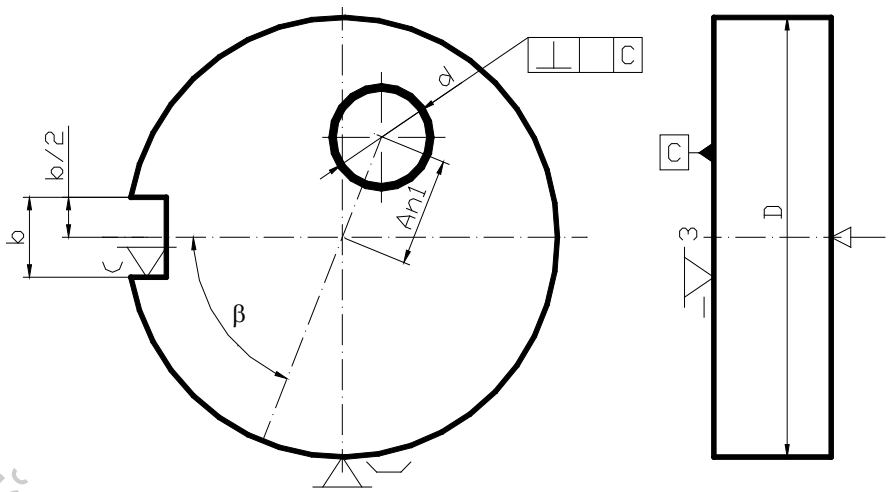


Рисунок 2.65 – Схема установки, соответствующая схеме базирования детали представленной на рисунке 2.60

Рассмотрим установку по наружной цилиндрической поверхности при помощи призмы для обработки отверстия диаметром *d*. Кроме того, должны быть выдержаны размер $A_{п1}$ и угол β. До рассматриваемой операции были обработаны наружный диаметр *D* с допуском *TD*, шпоночный паз шириной *b* с допуском *Tb*. Соответствующая схема установки показана на рисунке 2.65, а расчетная схема и размерные цепи для расчета погрешности схемы установки – на рисунке 2.66.

Уравнение плоской размерной цепи, показанной на рисунке 2.66 *б*, имеет вид

$$A_{н1}\sin\beta + A_{н2}\cos\beta = A_{п1} + OM\sin\beta, \qquad (2.14)$$

где $OM = D/(2\cdot\sin\alpha)$.

Тогда

$$A_{п1} = A_{н1}\sin\beta + A_{н2}\cos\beta - D\sin\beta/2\sin\alpha, \qquad (2.15)$$

Дифференцированием по D получаем

$$d(A_{п1}) = dD\cdot\sin\beta/(2\sin\alpha). \qquad (2.16)$$

Размеры $A_{н1}$, $A_{н2}$ и β от размера D не зависят. Поэтому, заменив дифференциал малыми погрешностями, погрешность схемы установки по размеру $A_{п1}$ можно определить с помощью модели

$$\Delta_{су}(A_{п1}) = TD\cdot\sin\beta/(2\sin\alpha). \qquad (2.17)$$

Витебский государственный технологический университет

Из второй размерной цепи (рис. 5.8 *в*) получаем

$$A_1 \sin\beta + A_2 \cos\beta = A_n - D/2 + OM \sin\beta, \qquad (2.18)$$

Погрешность схемы установки по размеру A_n можно определить с помощью модели

$$\Delta_{cy}(A_n) = TD/2 - TD \cdot \sin\beta/(2\sin\alpha). \qquad (2.19)$$

В этом случае погрешность схемы установки включает в себя соответствующую погрешность схемы базирования.

Причем если $\beta = \alpha$, то $\Delta_{cy}(A_n) = 0$

Уравнение размерной цепи, показанной на рисунке 2.66 *г*, имеет вид

$$B_H + b/2 = e + OM = e + D/2\sin\alpha, \qquad (2.20)$$

где e – смещение оси цилиндра, вызванное погрешностью размеров D и b. Тогда дополнительный поворот заготовки (погрешность схемы установки по углу β) будет

$$\Delta_{cy}(\beta) = e/(D/2) = (TD/\sin\alpha + Tb)/D. \qquad (2.21)$$

При установке по отверстию на цилиндрический палец возникает неопределенность положения заготовки, которая может смещаться в любом направлении в пределах зазора (рисунок 2.67).

Погрешность схемы установки $\Delta_{cy}(A_п)$ в этом случае можно определить по модели

$$\Delta_{cy}(A_п) = Td + BO(d_п), \qquad (2.22)$$

где Td – допуск диаметра отверстия; $BO(d_п)$ – верхнее отклонение диаметра цилиндрического пальца.

При обработке нескольких поверхностей с одной установки только по отношению к одной определяется погрешность схемы установки и эта поверхность далее служит настроечной базой. Погрешность схемы установки $\Delta_{cy}(A_1) = 0$, так как поверхность 1 служит настроечной базой для обработки поверхности 2.

При установке заготовки на два пальца расчетная схема для определения погрешности схемы установки по углу α будет иметь вид представленный на рисунке 2.68.

Витебский государственный технологический университет

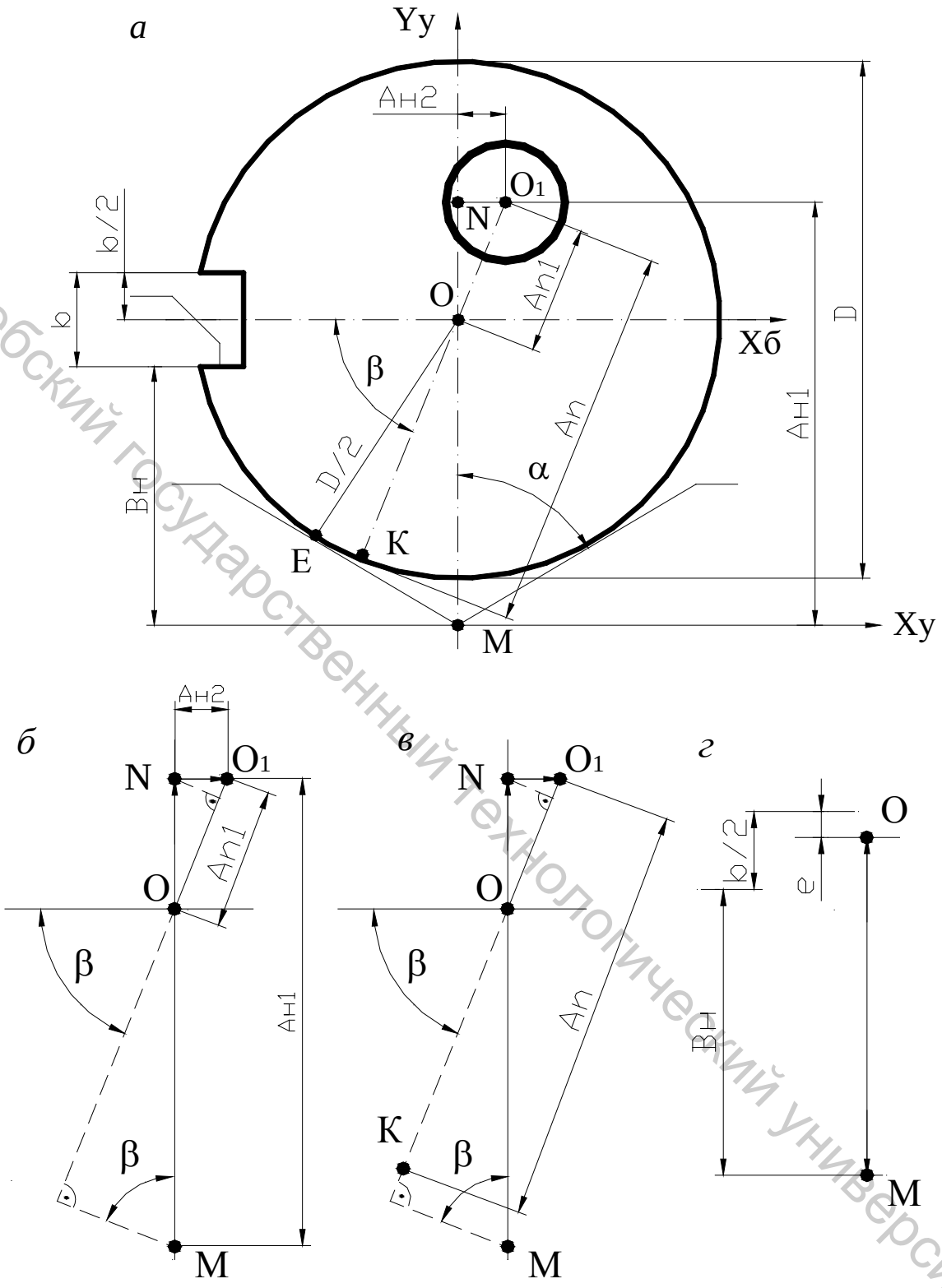


Рисунок 2.66 – Расчетная схема и размерные цепи для определения погрешности схемы установки представленной на рисунке 5.7

Витебский государственный технологический университет

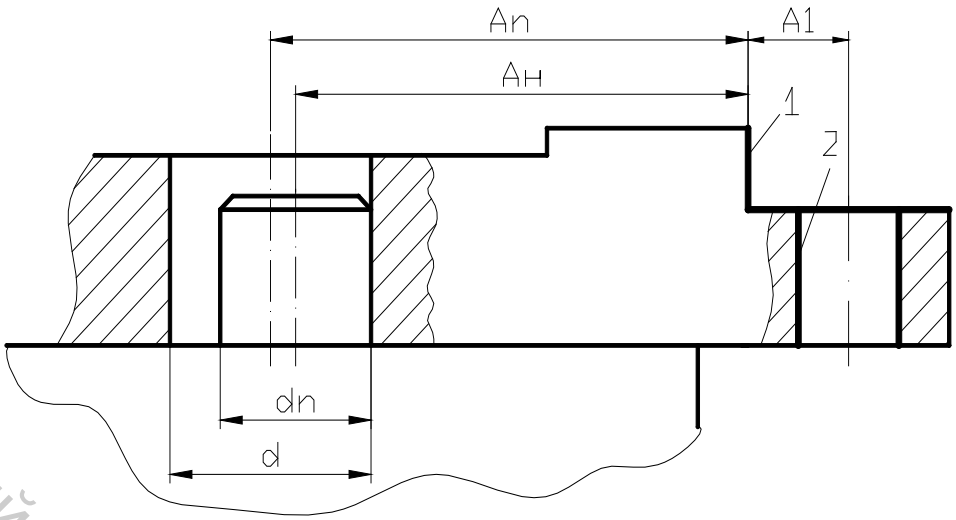


Рисунок 2.67 – Установка заготовки по отверстию на цилиндрический палец

На этой схеме О1, О2 – оси отверстий, П1 ось симметрии ромбического пальца, П2 – ось цилиндрического пальца. Тогда

$$\Delta_{cy}(\alpha) = \frac{e1_{\max} + e2_{\max}}{B} = \frac{(TD1 + BO(b1)) + (TD2 + BO(d2))}{B}, \quad (2.23)$$

где *TD1, TD2* – допуски диаметров соответствующих отверстий; *BO(b1), BO(d2)* – верхние отклонения соответствующих пальцев. Погрешностью размера *B* можно пренебречь.

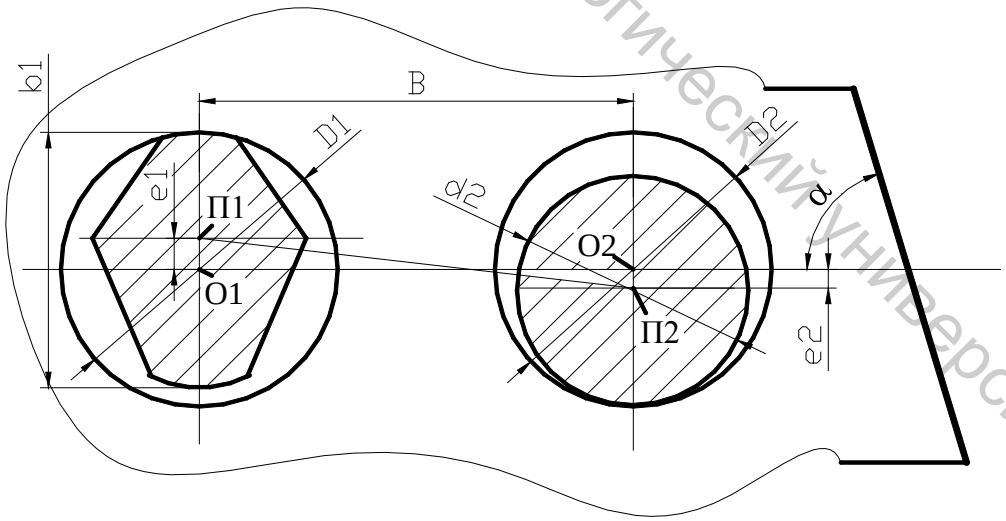


Рисунок 2.68 – Расчетная схема для определения погрешности схемы установки по углу α при установке на цилиндрический и ромбический пальцы

Витебский государственный технологический университет

Для анализа пригодности принятой схемы установки нужно оценить *значение* ее погрешности. В примере (рисунок 2.31), возникают условия для возникновения погрешности схемы установки по размерам 30±0,2 и 45^{o}.

Расчетная схема для определения погрешности схемы установки по размеру 30 – $\Delta_{cy}(30)$ показана на рисунке 2.69. Согласно размерной

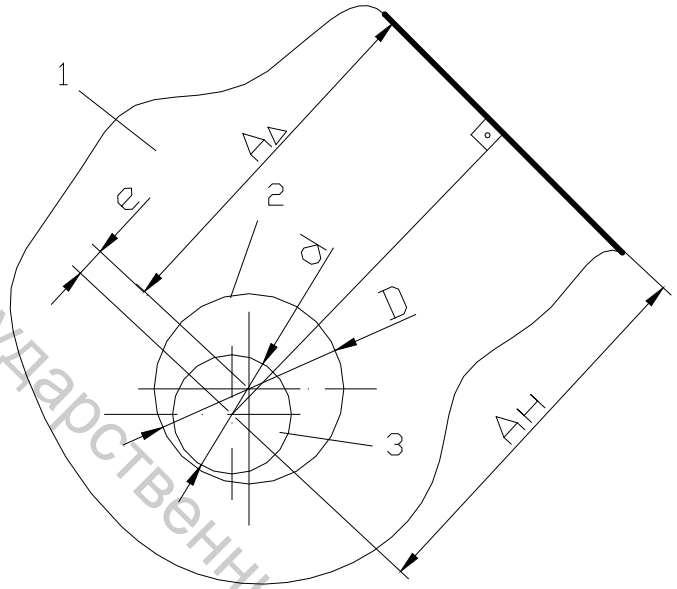


Рисунок 2.69 – Расчетная схема по размеру 30: 1 – заготовка; 2 – отверстие; 3 – палец

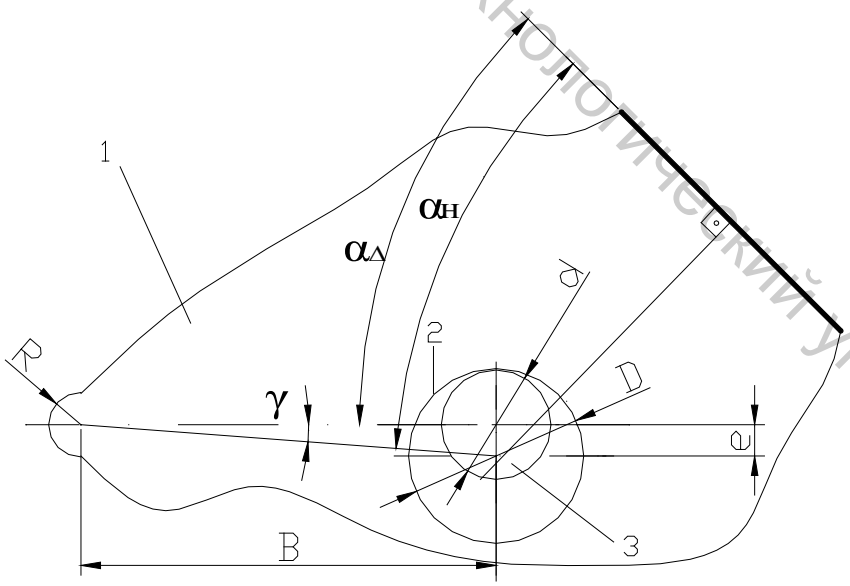


Рисунок 2.70 – Расчетная схема по размеру 45^{o}: 1 – заготовка; 2 – отверстие; 3 – палец

цепи, показанной на нем, $A_{\Delta} = A_{н} \pm e$, где A_{Δ} – фактический размер, $A_{н}$ – размер настройки, а e – максимальное отклонение положения технологической базы, равное полусумме допуска на размер отверстия

Витебский государственный технологический университет

(*TD*) и верхнего отклонения пальца (BOd). Тогда $\Delta_{cy}(30) = 2\ (0{,}05 + 0{,}01) = 0{,}12$ мм. Так как допуск для расстояния от оси отверстия до обрабатываемой плоскости (0,4 мм) на много больше погрешности схемы установки по этому размеру, то по нему принятая схема установки может считаться пригодной.

Расчетная схема для определения погрешности схемы установки по размеру 45^{o} показана на рисунке 2.70. Согласно угловой цепи, показанной на нем, $\alpha_{\Delta} = \alpha_{н} \pm \gamma$, где α_{Δ} – фактический угол, $\alpha_{н}$ – угол настройки, γ – максимальное отклонение угла. Вследствие малости угла γ, его значение в минутах можно определить из следующего выражения $\gamma = 180 \cdot 60 \cdot e/(\pi \cdot B)$.

Подставляя значение e = 0,06 и значение B = 60, получим $\gamma = 3{,}44'$. Тогда погрешность схемы установки по углу $\Delta_{cy}(45^{o}) = 2\ 3{,}44 = 6{,}88'$. Это значение на много меньше допуска на угол, который составляет $40'$. Значит и по углу расположения обрабатываемой плоскости принятая схема установки может считаться пригодной.

Требование точности перпендикулярности обрабатываемой плоскости к конструкторской базе выбранная схема установки также обеспечивает, так как в этом случае нет условий для появления погрешности схемы установки.

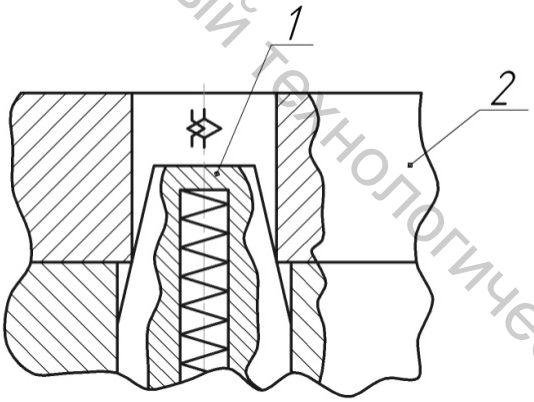


Рисунок 2.71 – Установка заготовки с помощью конического пальца

Погрешность схемы установки по цилиндрической поверхности равна нулю, если в качестве установочных элементов используются: 1) подпружиненный конический палец *1* (рисунок 2.71); 2) самоцентрирующие установочно-зажимные элементы, (цанги, разжимные оправки, гидропластовые зажимы и т. д.).

Расчетная схема для определения погрешности схемы установки на операции 005 для рассматриваемой детали по размеру Co4 имеет вид представленный на рисунке 2.72. Уравнение размерной цепи имеет вид

$$A_{н} = C04 + OM. \qquad (2.24)$$

Витебский государственный технологический университет

Откуда $\Delta_{cy}(C04) = TD/(2\sin\alpha)$.

При обработке нескольких поверхностей с одной установки только по отношению к одной определяется погрешность схемы установки и эта поверхность далее служит настроечной базой. Погрешность схемы установки $\Delta_{cy}(A_1) = 0$, так как поверхность 1 служит настроечной базой для обработки поверхности 2.

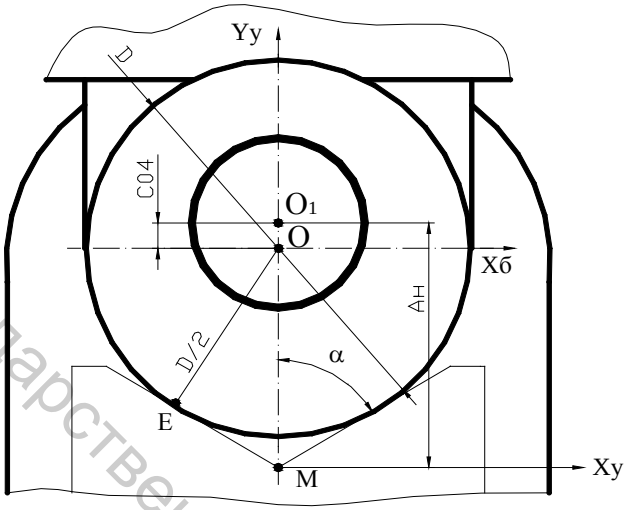


Рис. 2.72 – Расчетная схема для определения погрешности схемы установки по размеру Со4

В тех случаях, где условия для возникновения погрешности схемы установки существуют, необходимо ее оценить и в дальнейшем включить в допуск на технологический размер при размерном анализе технологического процесса и расчете технологических размеров и размеров заготовки.

Разработанные схемы установки являются заданиями на проектирование или выбор приспособления.

Под действием зажимающих сил изменяются полученное при базировании положение заготовки и ее форма. Причинами изменения исходного положения заготовки являются контактные упругие деформации в местах сопряжения заготовки с установочными элементами приспособления, а также упругие деформации самого приспособления. Для партии заготовок ***погрешность закрепления*** считается равной нулю, если смещение конструкторской базы хотя и существенно, но постоянно. В этом случае смещение конструкторской базы частично компенсируется размерной настройкой. Остаются нескомпенсированными относительные повороты, возникающие из-за неравномерной нагрузки на установочные элементы.

Большая часть упругих деформаций станочных приспособлений приходится на стыки, особенно в подвижных соединениях, жесткость которых намного меньше, чем жесткость затянутых стыков. Последнее

Витебский государственный технологический университет

обстоятельство при установке заготовок в кулачковых патронах или в тисках приводит к существенному смещению зажимаемой заготовки в направлении, перпендикулярном к зажимаемой силе. Как это видно из схемы, изображенной на рисунке 2.73, указанное смещение возникает из-за поворота подвижной губки тисков парой сил (зажимающей $P_{заж}$ и реакции *R)* на плечо h . Зазоры и малая контактная жесткость направляющих делает этот поворот существенным.

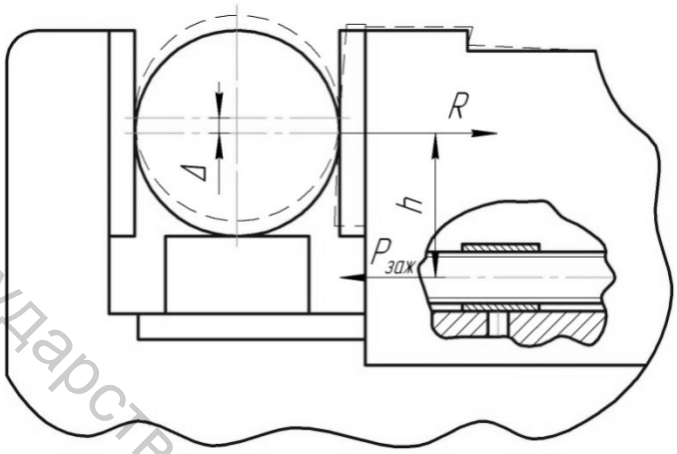


Рисунок 2.73 – Схема смещения заготовки в направлении, перпендикулярном к зажимающей силе

Кольца и втулки при обработке закрепляются в самоцентрирующих патронах или на разжимных оправках. Под действием радиальных зажимающих сил эти заготовки деформируются (рис. 2.74). После обработки в закрепленном состоянии получается поверхность правильной формы. Но после открепления заготовки и ее упругого восстановления форма поверхности искажается. Такая погрешность формы сопоставима с допуском (и даже превышает его) при обработке тонкостенных и высокоточных деталей. Уменьшить ее можно, увеличив количество установочно-зажимных элементов. Если за единицу принять погрешность формы, получаемую при закреплении в трехкулачковом патроне, то погрешность закрепления в четырехкулачковом патроне составит 0,38, а в шестикулачковом – 0,11. Существенно уменьшает упругую деформацию увеличение ширины кулачков (угла охвата). При этом радиус цилиндрической поверхности установочно-зажимного элемента для базирования по наружной поверхности кольца должен быть равен радиусу технологической базы. При увеличении угла охвата зоны контакта кулачка с заготовкой от нормального для трехкулачкового патрона до 60° относительная погрешность формы уменьшается в 8...12 раз. Погрешность формы существенно уменьшается, если силы зажима прикладываются к торцу тонкостенной или высокоточной втулки.

Витебский государственный технологический университет

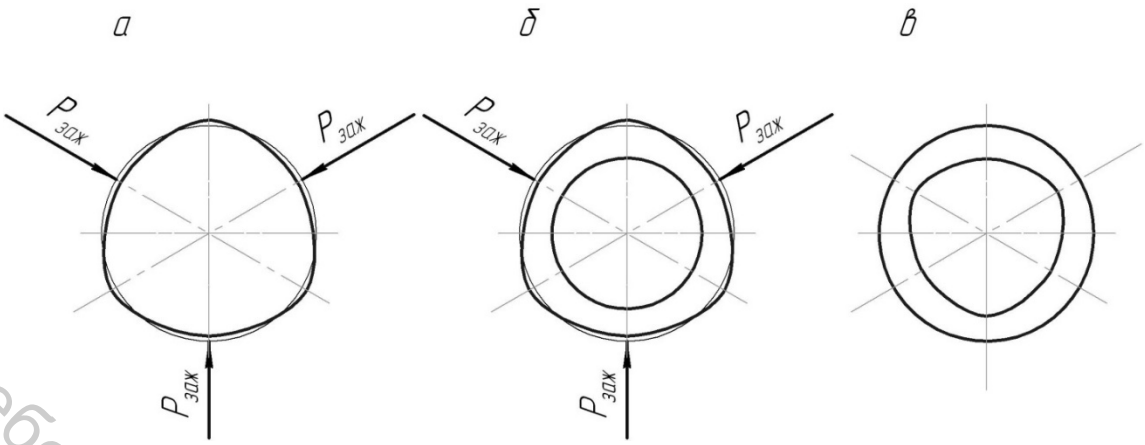


Рисунок 2.74 – Схема формирования погрешности формы при действии зажимающих сил: а – форма заготовки после закрепления; б – форма расточенного отверстия в закрепленной заготовке; в – форма отверстия после раскрепления заготовки

Витебский государственный технологический университет

3 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1 Размерный анализ технологического процесса

3.1.1 Определение припусков и допусков на технологические размеры

В современных рыночных условиях небезразлично, каким путем получено заданное качество продукции – его следует достигать при наименьших затратах материалов, средств, времени, т. е. при наименьшей себестоимости изготовления деталей. Первое требование можно назвать техническим, второе – экономическим.

Для выполнения этих основных требований большое значение имеют вопросы расчета припусков на обработку на металлорежущих станках, операционных размеров и допусков на них. Чем эти параметры ближе к оптимальным, тем меньше расход металла на единицу продукции, затраты времени на обработку, расход электроэнергии и режущего инструмента и так далее, и тем меньше технологическая и общая себестоимость обработки деталей машин.

В процессе размерного анализа проектируемых технологических процессов следует различать напуски и припуски на обработку. *Напуском* принято называть ту часть материала заготовки, необходимость удаления которой при последующей механической обработке вызвана упрощением формы заготовки по отношению к форме готовой детали. *Припуском* называют ту часть удаляемого материала, наличие которого на заготовке вызвано необходимостью обеспечения заданных требований к точности и качеству поверхности в результате обработки резанием или другим методом со снятием слоя материала. В тех местах заготовки, где удаляемый материал выступает в роли припуска, номинальная форма поверхности заготовки, как правило, совпадает с заданной номинальной формой поверхности готовой детали. В этом случае припуск рассматривают как слой материала и оценивают расстоянием между соответствующими поверхностями.

Для расчетов припусков используются аналитический и нормативный методы. Из аналитических методов расчета припусков выделяют два основных: дифференциально-аналитический (поэлементный) и интегрально-аналитический. Широко распространен на практике нормативный метод определения припусков. Он основан на использовании стандартов, ведомственных нормалей и справочников, содержащих таблицы значений номинальных припусков.

Дифференциально-аналитический метод определения припусков является наиболее точным, он позволяет устанавливать оптимальные значения припусков для каждого сочетания условий обработки. Сущность этого метода состоит в определении для заданных условий вы-

Витебский государственный технологический университет

полнения операции факторов, влияющих на величину операционного припуска, а затем расчетным путем или по таблицам находят элементы припуска, достаточные для компенсации влияния каждого из факторов. Суммируя эти элементы, определяют величину операционного минимального припуска.

Различают операционные и общий припуски. *Операционный (переходный) припуск* определяется разностью технологических размеров, полученных на смежных операциях (переходах). *Общий припуск* является суммой операционных припусков на данной поверхности. Различают также номинальный и минимальный операционные припуски. Составляющими *минимального операционного припуска* в общем случае будут: Rz_{i-1} – высота микронеровностей, полученная на предшествующей стадии обработки (операции или переходе); H_{i-1} – удаляемый дефектный подповерхностный слой материала, полученный на предшествующей стадии обработки; ρ_{i-1} – пространственные отклонения (сумма) обрабатываемой поверхности, не входящее в допуск на выполняемый размер; ε_i – погрешность установки на рассматриваемой стадии обработки, не входящая в допуск на выполняемый размер. Номинальный операционный припуск равен разности между номинальными значениями технологических размеров, полученных на смежных операциях (переходах), т.е. $z_i = |C_{i-1} - C_i|$.

Все сказанное выше о припуске относится к припуску на сторону *(одностороннему припуску)*. При обработке поверхностей вращения допуски задаются на диаметр, поэтому и припуск принято задавать на диаметр (т. е. удваивать односторонний). Аналогично может быть задан припуск на ширину паза, выполняемого мерным инструментом.

На рисунке 3.1 показана схема односторонних припусков для случая обработки одной поверхности от одной базы. Тогда

$$z_i = C_{i-1} - C_i = z_{\min i} + TC_{i-1}, \qquad (3.1)$$

где $z_{\min i}$ минимальный припуск на i-й переход; TC_{i-1} — допуск на технологический размер, выполняемый на (i - 1)-м переходе.

Данное выражение является верным для всех i, кроме i - 1, так как в литых или кованых заготовках допуск на размеры является симметричным ($\pm TC_0 / 2$). В этом случае

$$z_1 = C_0 + TC_0 / 2 = z_{\min 1} + TC_0. \qquad (3.2)$$

Витебский государственный технологический университет

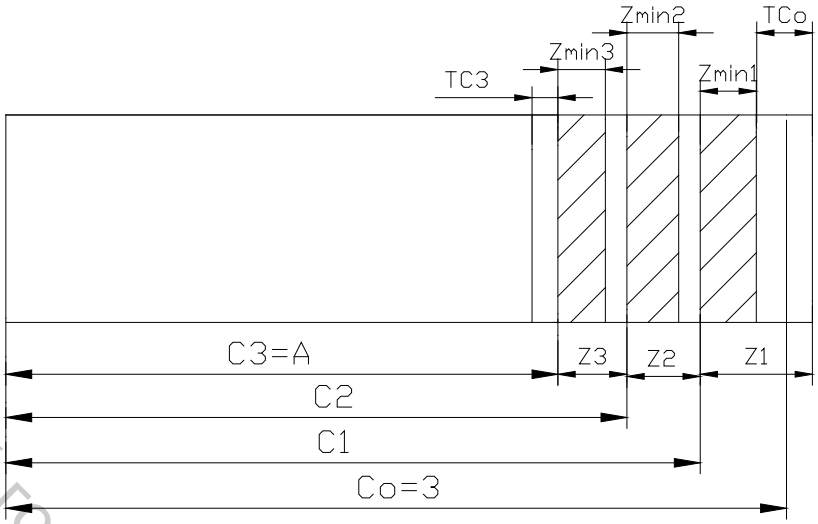


Рисунок 3.1 – Схема определения припусков при обработке одной поверхности от одной базы

На рисунке 3.2 *а* показана схема определения припусков при обработке двух параллельных поверхностей с последовательной схемой баз и полным удалением поверхностей заготовки. В этом случае для поверхности 1

$$z_{11} = C + TC/2 - C; \quad z_{12} = C_2 - C_3;$$

а для поверхности 2

$$z_{21} = C_1 - C_2; \quad z_{22} = C_3 - C_4;$$

где $z_{вi}$ – припуск, удаляемый на *i*-ой операции *в*-го варианта.

На рисунке 3.2 *б* показана схема определения припусков при обработке двух параллельных плоскостей (2 и 3), когда базой на первой операции является исходная поверхность 1. Тогда:

$$z_{31} = C_{01} + TC_{01}/2 - C_1;$$
$$z_{21} = C_{02} + TC_{02}/2 + C_1 - C_2; \quad z_{32} = C_2 - C_3.$$

Приведенный пример показывает, что номинальный припуск может быть результатом решения размерной цепи, содержащей более трех звеньев.

Витебский государственный технологический университет

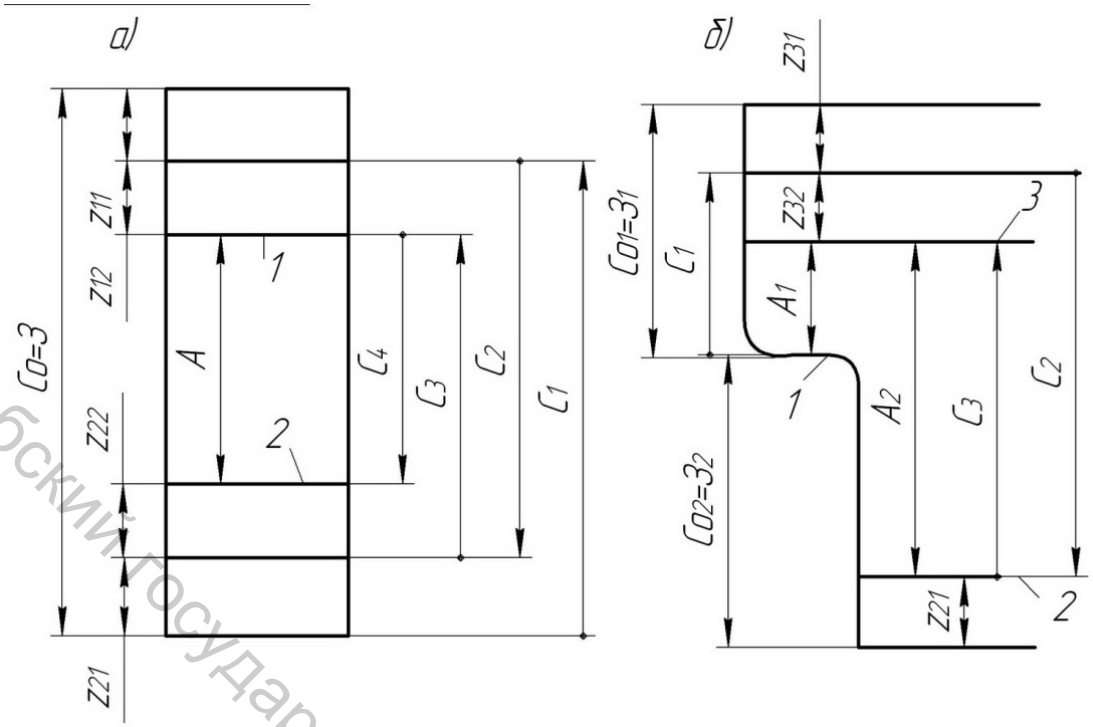


Рисунок 3.2 – Схемы определения припусков при обработке нескольких поверхностей со сменой баз

Компоненты минимального припуска не всегда полностью включаются в его состав. Так, при обработке заготовок из чугуна и цветных сплавов компонент Н (дефектный слой) включается только при определении припуска на первую обработку литой поверхности. При последующих операциях этот компонент может не учитываться. Не включаются в минимальный припуск и пространственные отклонения, если они не могут быть устранены выполняемым переходом. Например, при развертывании плавающей разверткой и свободном протягивании смещение и увод оси отверстия практически не устраняются.

Для размерного анализа рационально разделить минимальный припуск на две части:

$$z_{\min i} = z_{ai} + z_{bi}, \qquad (3.3)$$

где $z_{ai} = (Rz + H)_{i-1}$, $z_{bi} = \rho_{i-1} + \varepsilon_i$. Значение z_{ai} всегда является компонентом минимального припуска, включаемого в размерную цепь. Компонент ρ_{i-1} включается в минимальный припуск только как искривление оси или ее непараллельность (неперпендикулярность) относительно базы (рисунок 3.3). В зависимости от схемы установки пространственное отклонение определяется так:

– для установки в центрах

$$\rho = \Delta_{кр} L; \qquad (3.4)$$

Витебский государственный технологический университет

– для установки в патроне

$$\rho = 2\Delta_{кр} L\,, \tag{3.5}$$

где $\Delta_{кр}$ – местная кривизна, мкм/мм; L– длина заготовки или ее обрабатываемого конца, выступающего из приспособления. Значение $\Delta_{кр}$ приводится в таблицах в зависимости от габаритных размеров заготовки, метода ее получения и вида механической обработки.

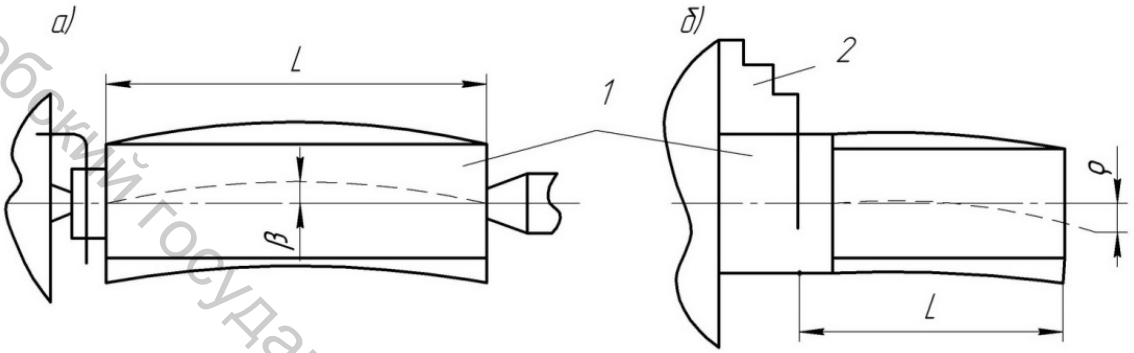


Рисунок 3.3 – Схемы влияния кривизны ρ заготовки на минимальный припуск

Другие виды пространственных отклонений, в том числе смещения осей $\rho_{ос}$ (рисунок 3.4), в минимальный припуск при размерном анализе не включаются, так как являются самостоятельными звеньями размерной цепи. Аналогичная ситуация возникает и с погрешностью установки ε_i, так как все ее элементы входят в допуск на технологический размер.

Согласно схеме (рисунок 3.4) на этом рисунке:

$$C_{\mathbf{0}} = C_{\mathbf{1}} + z_a + \rho_{ос}\,. \tag{3.6}$$

Но $\rho_{ос}$ при размерном анализе является самостоятельным звеном размерной цепи, поэтому следует принимать $z_{\mathbf{min}} = z_a$. Аналогичная ситуация возникает и с погрешностью установки ε_i, так как все ее элементы, входят в допуск, кроме погрешности схемы установки, которая также выявляется при решении размерной цепи.

При обработке на настроенных станках с автоматическим получением размера за счет неизменной (между коррекциями) размерной настройки технологические размеры должны проставляться от технологических баз (рисунок 3.5).

Витебский государственный технологический университет

В таких случаях допуск на технологический размер определяется выражением:

$$TC_i \geq \omega C_i + \rho_{т.б}, \qquad (3.7)$$

где $\rho_{т.б}$ – погрешность формы и относительного расположения технологической базы (пространственные отклонения).

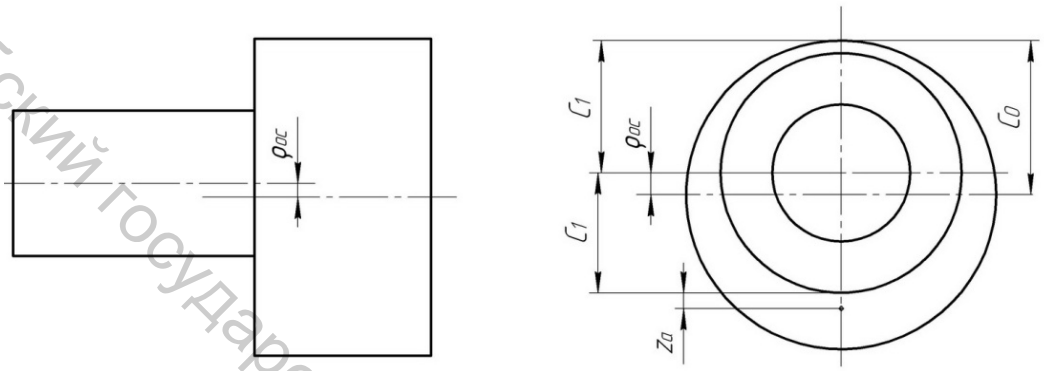


Рисунок 3.4 – Схема определения припуска при смещении осей

Пространственные отклонения технологической базы принимаются во внимание в тех случаях, когда технологическая база является исходной или предварительно (грубо) обработанной поверхностью. В зависимости от уровня геометрической точности пространственные отклонения составляют следующую часть допуска на линейный размер:

Относительная геометрическая точность.	Нормальная (А)	Повышенная (В)	Высокая (С)
Пространственные отклонения, % от допуска на размер	60	40	25

Если заготовка устанавливается по отверстию на цилиндрический палец (рисунок 3.6), то возникает погрешность установки (см. глава 2). В таких случаях

$$TC_i = \omega C_i + \Delta_{с.у}(A_n). \qquad (3.8)$$

Аналогично следует поступать в случаях, когда схема базирования реализуется с помощью призмы (рисунок 3.7).

Когда деталь обрабатывается блоком инструментов (рисунок 3.8), то только один из них, базовый (предположим, 1), настраивается относительно технологической базы (т. е. соответствующего установочного элемента приспособления).

Витебский государственный технологический университет

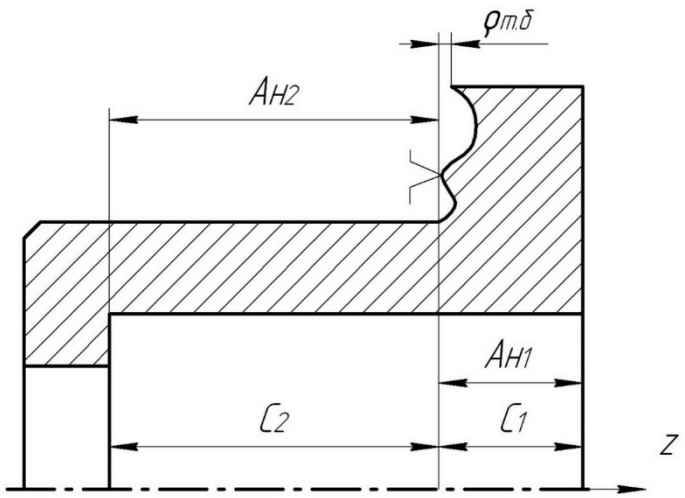


Рисунок 3.5 – Схема размерной настройки (*C_i и A_i – соответственно технологические и настроечные размеры*)

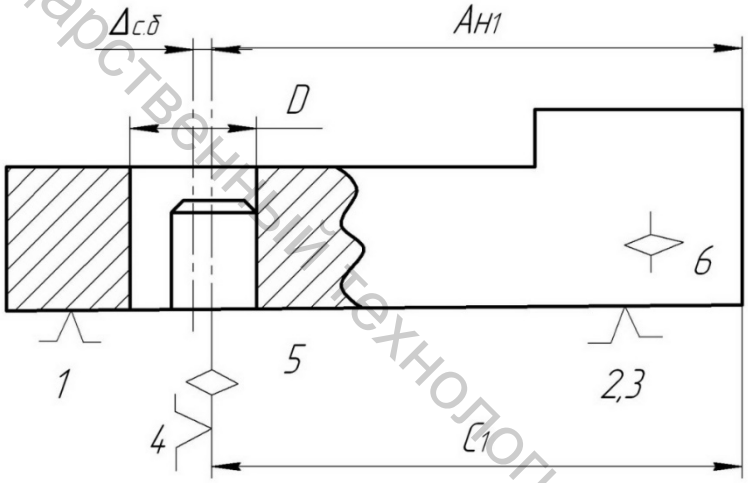


Рисунок 3.6 – Схема установки на палец (*с погрешностью*)

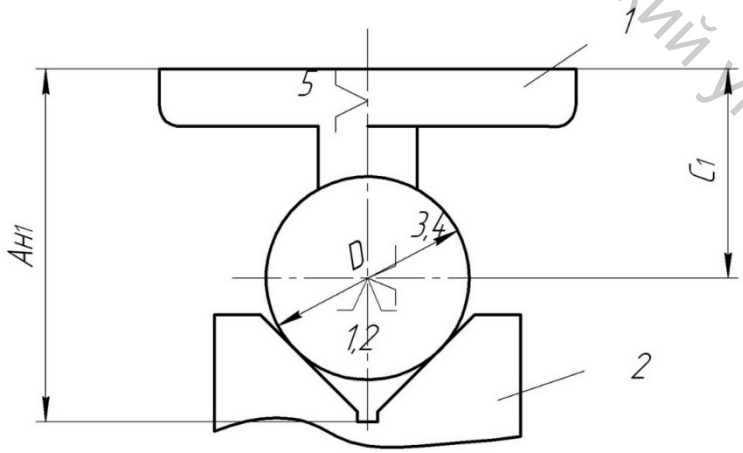


Рисунок 3.7 – Схема установки на призму (*с погрешностью*)

Витебский государственный технологический университет

Остальные настраиваются относительно базового инструмента 1. Поэтому:

$$TC_1 = \omega C_1; \quad TC_2 = \omega A_{н2}; \quad TC_3 = \sqrt{(\omega A_{н3})^2 + (\omega A_{н4})^2}\ .$$

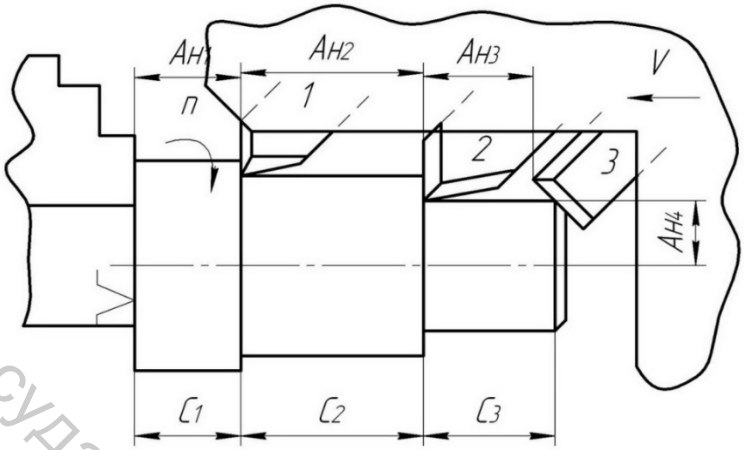


Рисунок 3.8 – Схема размерной настройки блока инструментов (C_i и $A_{нi}$ *– технологические и настроечные размеры*)

При обработке поверхности вращения размерная настройка осуществляется относительно ее оси (рисунок 3.9). В таких случаях пространственные отклонения технологической базы (реальной) влияют на точность размера только через копирование погрешности заготовки, что учитывается в значении ωC_i. Поэтому $TC_1 = \omega C_1$.

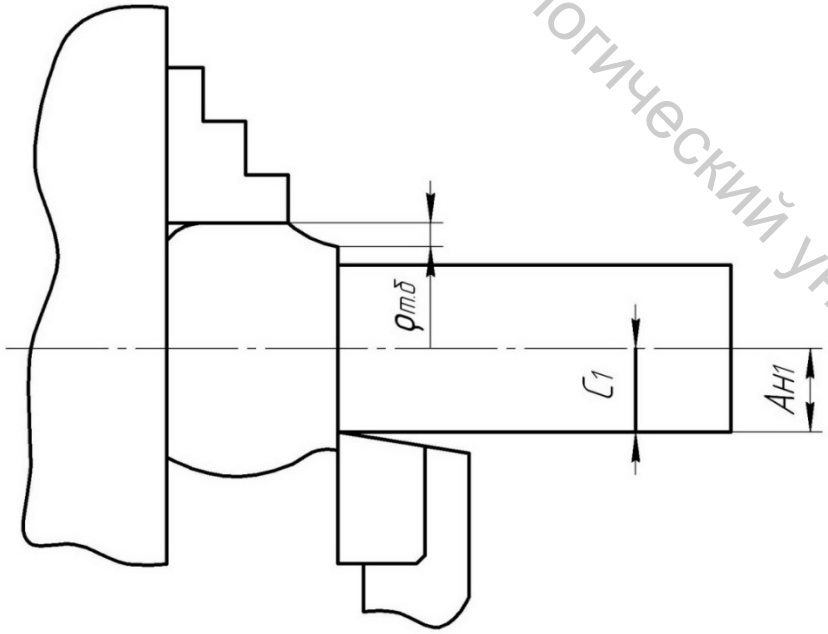


Рисунок 3.9 – Схема размерной настройки при обработке поверхности вращения

Витебский государственный технологический университет

Таблицы с расчетными параметрами для определения величин минимальных припусков для наиболее распространенных методов обработки отражены в приложении Ф.

Допуски на технологические размеры определяются по таблицам статистической точности (приложение Х). Таблицы для определения экономической точности, составлены на основании сбора статистических данных в производственных условиях. При их составлении анализировались данные только тех операций, при выполнении которых погрешность схемы установки равна нулю, а погрешностями формы и взаимного расположения технологической и измерительной баз можно было пренебречь. Таким образом, ωC_i учитывает те компоненты, источниками которых являются: геометрические погрешности (станка, инструмента и приспособления); кинематические погрешности станка; копирование погрешности заготовки; износ инструмента; тепловые деформации технологической системы и деформации, связанные с закреплением заготовки.

Данные по определению минимальных припусков сводятся в таблицу

Таблица 3.1 – Сведения о минимальных припусках по рассматривоемой оси

№ операции	Переход	Выдерживаемый размер	Минимальный припуск, мкм				
			$Zmin_i$	Rz_{i-1}	H_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_i
005	Фрезеровать пов. $10^{П}$	А2	400	200	200		
	Расточить отв. $7^{П}$	А3	400	200	200		
…	…	…	…	…	…	…	…
030	Фрезеровать пов. $10^{Ч}$	$К4^{1}$	100	50	50		
…	…	…	…	…	…	…	…

3.1.2 Формирование размерных схем технологического процесса

Размерная схема представляет собой технологический документ, в котором графически отражено изменение состояния заготовки на каждой операции ее обработки. Она должна строиться для всех трех осей (проекций), а при необходимости – и для отдельных сечений. Для одного из предполагаемых маршрутов обработки рассматриваемой детали на рисунке 3.10 приведена размерная схема технологического процесса обработки заготовки по оси Х.

На размерной схеме отражены все поверхности, образующиеся в процессе обработки от заготовки до готовой детали. Так, поверхность $10^{О}$ (4) в детали возникает после трехкратной обработки основания с удалением припусков Z_1,Z_2 и Z_3, что ведет к исчезновению поверхно-

Витебский государственный технологический университет

стей $10^{З}$, $10^{П}$, $10^{Ч}$ (1, 2, 3). Аналогично возникает поверхность $4^{О}$ (9)отверстия. Однако при каждой обработке вследствие неизбежного смещения возникает новая ось. В данном случае оси также считаются условными поверхностями. Ось $о4^{3}$ (16) отверстия заготовки после удаления припуска Z_6 исчезает, и возникает ось $о4^{П}$ (15) промежуточного состояния отверстия $о4^{О}$ (9). Все поверхности объекта обработки нумеруются в том порядке, в котором они расположены на схеме детали (в данном случае номерами 1…38).

Технологические размеры на размерной схеме являются векторными величинами и откладываются от соответствующих технологических и настроечных баз (обозначены кружочками). *Обозначение технологических размеров должно быть аналогичным обозначению технологических размеров указанных в таблице маршрута обработки (таблица 2.18).* Если внутри этапа на одной операции с поверхности снимается несколько припусков, то идентичные по обозначению выдерживаемые размеры нумеруются индексами 1 и 2 (размер К8 на рисунке 3.10).

На рисунке 3.11 представлены исходный и производный графы размерных связей технологического процесса изготовления рассматриваемой детали по оси Х. Исходный граф связывает поверхности замыкающими звеньями, а производный граф – технологическими размерами.

3.1.3 Формирование уравнений размерных цепей

Замкнутые контуры (размерные цепи) посредством производного графа выделяются следующим образом. На данном графе отмечаются номера поверхностей, связанных замыкающим звеном, после чего легко находится кратчайший путь, соединяющий на графе отмеченные поверхности. Например, если замыкающее звено связывает поверхности 7 и 8, то кратчайшим путем, соединяющим их на производном графе, является цепочка из звеньев А3–А4–$К4^{1}$–К3. Кратчайший путь всегда будет единственно возможным. Он позволяет записать уравнение размерной цепи без ее построения по следующим правилам: 1) в левой части уравнения записывается замыкающее звено со знаком «+»; 2) обход размерной цепи начинается с той из поверхностей, связанных замыкающим звеном, у которой меньший номер, в направлении отхода от замыкающего звена; 3) по мере обхода в правой части уравнения составляющие звенья записываются со знаком «+», если переход через данное звено идет от поверхности с меньшим номером к поверхности с большим номером, и со знаком «–», если переход идет от поверхности с большим номером к поверхности с меньшим номером. Для звена Z14 уравнение размерной цепи будет иметь вид

$$z14 = –А3+А4–К4^{1}+К3.$$

Витебский государственный технологический университет

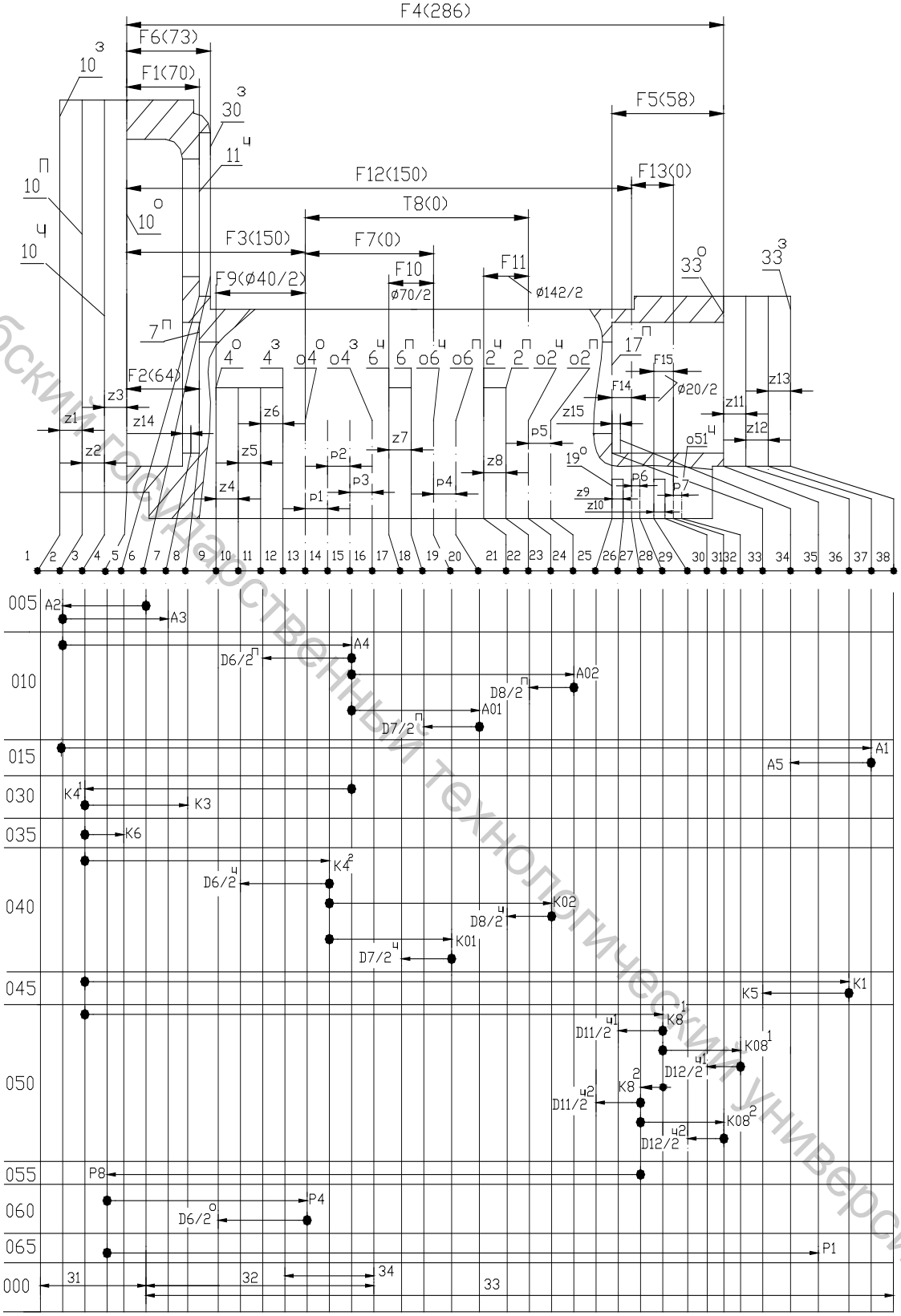


Рисунок 3.10 – Размерная схема технологического процесса по оси X

Витебский государственный технологический университет

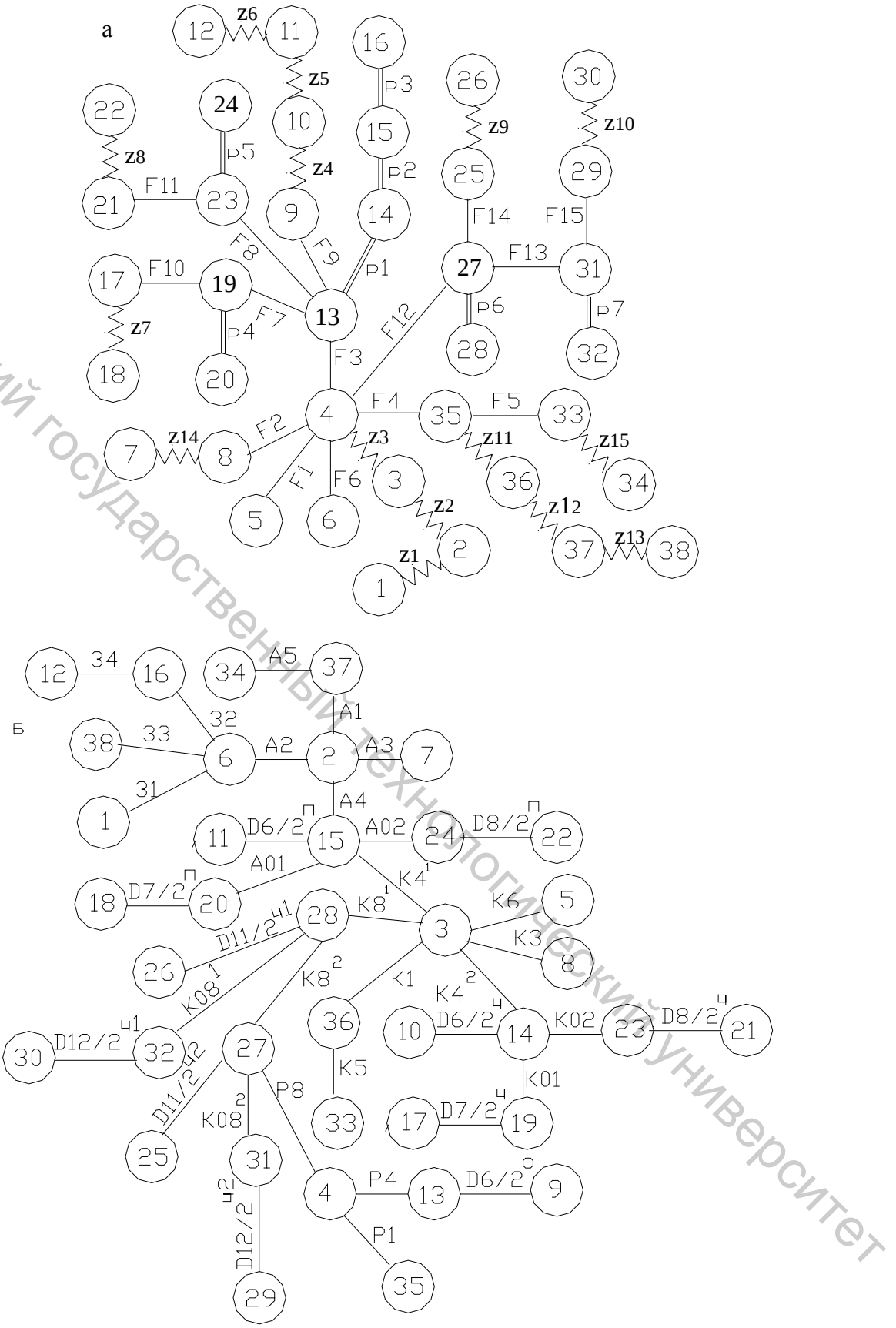


Рисунок 3.11 – Исходный (а) и производный (б) графы технологического процесса изготовления детали

Витебский государственный технологический университет

Для рассматриваемого примера получаются следующие уравнения размерных цепей:

$F4= P1$	(1)	$F1= P8+К8^{2}–К8^{1}+К6$	(19)
$F12= P8$	(2)	$F2= P8+К8^{2}–К8^{1}+К3$	(20)
$F3= P4$	(3)	$z12= –К1+К4^{1}–А4+А1$	(21)
$F11= D8/2^{Ч}$	(4)	$p5= –К02–К4^{2}+К4^{1}+А02$	(22)
$p6= К8^{2}$	(5)	$p4= –К01–К4^{2}+К4^{1}+А01$	(23)
$F10=D7/2^{Ч}$	(6)	$z11= –Р1+Р8+К8^{2}–К8^{1}+К1$	(24)
$F9= D6/2^{О}$	(7)	$p1= –Р4+Р8+К8^{2}–К8^{1}+К4^{2}$	(25)
$F14= D11/2^{Ч2}$	(8)	$z6= D6/2^{П}–А4+А2+З2–З4$	(26)
$F15= D12/2^{Ч2}$	(9)	$z5=D6/2^{Ч}–К4^{2}+К4^{1}–А4–D6/2^{П}$	(27)
$F13= К08^{2}$	(10)	$z10= D12/2^{Ч2}–К08^{2}+К8^{2}+К08^{1}–D12/2^{Ч1}$	(28)
$z1= З1–А2$	(11)	$F8= –Р4+Р8+К8^{2}–К8^{1}+К4^{2}+К02$	(29)
$z2= А4–К4^{1}$	(12)	$F7= –Р4+Р8+К8^{2}–К8^{1}+К4^{2}+К01$	(30)
$p2= –К4^{2}+К4^{1}$	(13)	$F5= К5–К1+К8^{1}–К8^{2}–Р8+Р1$	(31)
$z3=К8^{1}– К8^{2}–Р8$	(14)	$F6= Р8+К8^{2}–К8^{1}+К4^{1}–А4+А2$	(32)
$p3= –А4+А2+З2$	(15)	$z8= D8/2^{Ч}–К02–К4^{2}+К4^{1}+А02–D8/2^{П}$	(33)
$p7= –К08^{2}+К8^{2}+К08^{1}$	(16)	$z15= К5–К1+К4^{1}–А4+А1–А5$	(34)
$z13= –А1+А2+З3$	(17)	$z7= D7/2^{Ч}–К01–К4^{2}+К4^{1}+А01–D7/2^{П}$	(35)
$z9=D11/2^{Ч2}+К8^{2}–D11/2^{Ч1}$	(18)	$z4= D6/2^{О}–Р4+Р8+К8^{2}–К8^{1}+К4^{2}–D6/2^{Ч}$	(36)

3.1.4 Расчет технологических размеров и размеров заготовки

Расчет уравнений размерных цепей осуществляется в два этапа.

Этап 1. Проверочный.

Определяется запас по допуску $T(F_i)$, для чего вычисляется поле рассеяния замыкающего звена F_i:

$$\omega F_i = \sqrt{\sum \lambda^2 (T(C_i))^2 + (T(З_i))^2}, \qquad (3.9)$$

где $T(C_i)$, $T(З_i)$ – допуски технологических размеров и размеров заготовки, λ – коэффициент относительного рассеяния, учитывающий закон

Витебский государственный технологический университет

распределения размера (в учебных целях допускается принимать усреднённое значение равное 1,44).

Технологический процесс спроектирован правильно, если соблюдается неравенство

$$T(F_i) > \omega F_i, \tag{3.10}$$

т. е. имеется некоторый запас $\Delta\omega_i > 0$ по допуску на чертежный размер, определяемый выражением

$$\Delta\omega_i = T(F_i) - \omega F_i. \tag{3.11}$$

Дефицит по точности замыкающего звена (т. е. $\Delta\omega_i < 0$) является признаком неизбежности выхода части деталей в брак. В таком случае необходимо выбранные ранее допуски технологических размеров $T(C_i)$ уменьшить, предусмотрев для этого повышение точности отдельных операций за счет смены оборудования, применения более совершенных приспособлений, инструмента и средств активного контроля. Если это по каким-либо причинам невозможно, то необходима корректировка технологического процесса, которая заключается: 1) в выборе других баз и иной, по сравнению с имеющейся, простановкой размеров на операциях, что может обеспечить укорочение размерной цепи; 2) во введении промежуточного перехода (или переходов), который позволит повысить точность каких-либо составляющих звеньев.

Так, для рассматриваемого примера анализу необходимо подвергнуть размеры F1, F2, F8, F7, F5, F6 так как в состав размерной цепи входит более чем один размер.

Для F1

$$\omega F_1 = \sqrt{1{,}44^2 (T(P8)^2 + T(K8^2)^2 + T(K8^1)^2 + T(K6)^2)} =$$

$$= \sqrt{1{,}44^2 (40^2 + 14^2 + 160^2 + 74^2)} \approx 261$$

$$T(F_1) = 200 < \omega F_1 = 261$$

$$\Delta\omega_i = T(F_i) - \omega F_i = 200 - 261 < 0$$

Имеется дефицит по допуску. Часть деталей может выйти в брак.

Необходимо либо поменять базы, либо ужесточить допуски на технологические размеры. На расточной чистовой операции сменим станок, применим более совершенное приспособление, инструмент или применим средства активного контроля. При этом $T(K8^1) = 90$

$$\omega F_1 = \sqrt{1{,}44^2 (T(P8)^2 + T(K8^2)^2 + T(K8^1)^2 + T(K6)^2)} =$$

$$= \sqrt{1{,}44^2 (40^2 + 14^2 + 90^2 + 74^2)} \approx 178$$

$$T(F_1) = 200 > \omega F_1 = 178$$

Витебский государственный технологический университет

$$\Delta\omega_i = T(F_i\ ) - \omega F_i = 200 - 178 > 0$$

Имеется запас по допуску.

Этап 2. Расчетный.

Расчет технологических размерных цепей осуществляется по средним значениям вероятностным методом.

Для чего рассчитываются средние значения припусков по формуле:

$$z_{cpi} = z_{\min i} + \frac{\sqrt{\lambda^2{}_i \sum (T(C_i\ ))^2 + \sum (T(З_i))^2}}{2}.$$

Так, для рассматриваемого примера

$$z_{cp1} = z_{\min 1} + \frac{\sqrt{\lambda^2 (T(A2)^2 + T(З1)^2)}}{2} =$$

$$= 400 + \frac{\sqrt{1{,}44^2 (120^2 + 1900^2)}}{2} = 1770 \ \ мкм$$

…

$$z_{cp3} = z_{\min 3} + \frac{\sqrt{\lambda^2 (T(K8^1)^2 + T(K8^2)^2 + T(P8)^2)}}{2} =$$

$$= 64 + \frac{\sqrt{1{,}44^2 (90^2 + 14^2 + 40^2)}}{2} = 135{,}6 \ \ мкм$$

Средние значения чертежных размеров определяются по формулам:

$F_{cpi} = F_i + \frac{T(F_i)}{2}$ для охватываемого размера (отверстия),

$F_{cpi} = F_i - \frac{T(F_i)}{2}$ для охватывающего размера (вала),

$F_{cpi} = F_i$ для прочих размеров.

Так, для рассматриваемого примера

$$F_{cp1} = F_1 = 70$$

$$F_{cp4} = F_4 - \frac{T(F_4)}{2} = 286 - \frac{0{,}3}{2} = 285{,}85$$

Смещения осей приравниваются к нулю.

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Решение системы полученных уравнений размерных цепей осуществляется (после определения средних значений замыкающих звеньев) любым известным методом (метод Гаусса, с помощью определителей матриц и т. д.)).

Так, из уравнения (1):

$$P_{cp1} = F_{cp4} = 285{,}85$$

Из уравнения (2):

$$P_{cp8} = F_{cp12} = 150 \text{ и т. д.}$$

Из уравнения (5):

$$K_{cp8^2} = 0 \text{ и т. д.}$$

Из уравнения (14):

$$K_{cp8^1} = P_{cp8} + K_{cp8^2} + z_{cp3} = 150{+}0{+}0{,}1356{=}150{,}1356 \text{ и т. д.}$$

При расчетах округление получаемых значений осуществляется до четвертого знака после запятой.

После решения системы получаются средние значения размеров заготовки и технологических размеров. Далее необходимо рассчитать номинальные значения размеров заготовки и технологических размеров. После чего необходимо округлить полученные значения технологических размеров и размеров заготовки в соответствии с порядком допуска на соответствующий размер.

Номинальные значения технологических размеров и размеров заготовки определяются по формулам:

– для охватываемого технологического размера (отверстия)

$$A_i = A_{cpi} - \frac{T(A_i)}{2}; \qquad (3.12)$$

– для охватывающего технологического размера (вала)

$$A_i = A_{cpi} + \frac{T(A_i)}{2}; \qquad (3.13)$$

– для прочих технологических размеров и размеров заготовки

$$A_i = A_{cpi}. \qquad (3.14)$$

Так, например, для *K*8

$$K8^1 = K_{cp8^1} \approx 150{,}14;$$

Для *A*2

Витебский государственный технологический университет

$$A2 = A_{cp2} + \frac{T(A2)}{2} = 72{,}8632 + \frac{0{,}12}{2} \approx 72{,}92.$$

Данные расчетов сводятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2– Сводная таблица расчетов припусков, технологических размеров и размеров заготовки

Припуски		Чертежные размеры				Технологические размеры				Размеры заготовки			
Z_{min}	Z_{cpi}	Обозн.	F_i	$T(F_i)$	F_{cpi}	Обозн.	$T(C_i)$	C_{cpi}	$C_{номi}$	Обозн.	$T(З_i)$	$З_{cpi}$	$З_{номi}$
0,4	1,77	*F*1	70	0,2	70	*A*2	0,120	72,8632	72,92	З1	1,9	74,3	74,3

3.1.5 Использование ЭВМ при размерном анализе технологического процесса

На кафедре технологии и оборудования машиностроительного производства УО «ВГТУ» разработано программное обеспечение для размерного анализа технологических процессов. Начальный интерфейс программы представлен на рисунке 3.12. На левой панели находится список вводимых элементов конструкции, под списком находятся кнопки для редактирования, добавления и удаления поверхностей, справа находится панель отображения вводимых поверхности с припусками и смещениями осей. Вверху находится информационная панель, которая отображает цвет поверхности в зависимости от ее вида.

Кнопка «Добавить» позволяет добавлять поверхности, «Редактировать» – редактировать введенные данные, «Удалить» – удалять введенные данные.

Работа в программе делится на 6 этапов:

Этап 1. Ввод поверхностей.

На данном этапе последовательно слева направо вводятся поверхности с чертежа детали. При нажатии кнопки «Добавить» появляется контекстное меню, позволяющее ввести необходимые данные о поверхности:

– номер поверхности;

– тип поверхности (поверхность вращения, плоская поверхность, плоскость симметрии);

– обрабатывается или нет (рисунок 3.13).

Для поверхностей вращения указывается:

– наружный или внутренний припуск (обрабатывается вал или отверстие соответственно);

Витебский государственный технологический университет

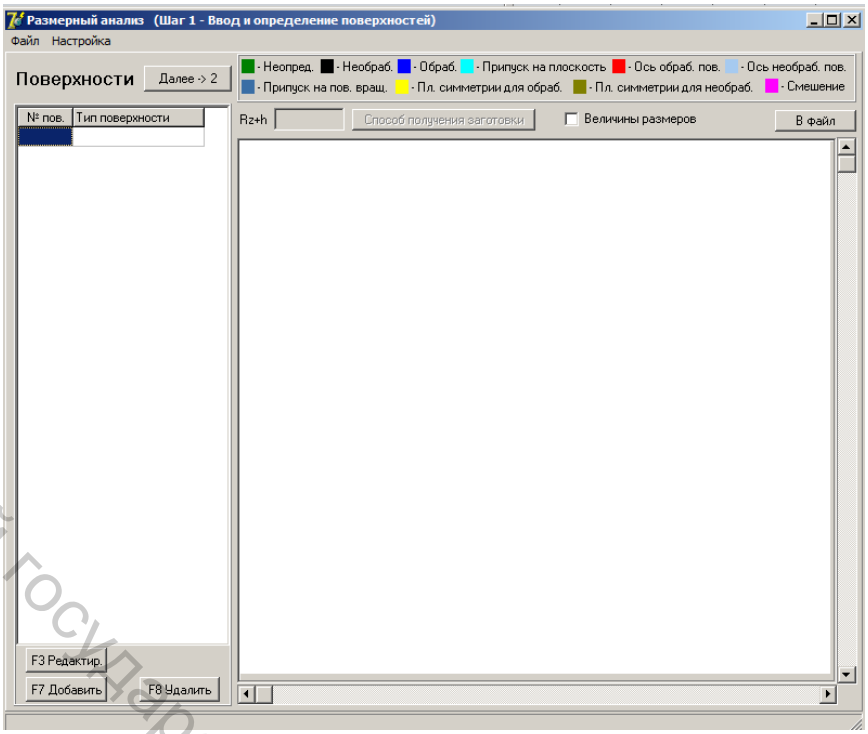


Рисунок 3.12 – Исходное окно программы

– радиус окружности, квалитет (выбирается из выпадающего меню), допуск назначается автоматически;

– шероховатость и количество обработок поверхности.

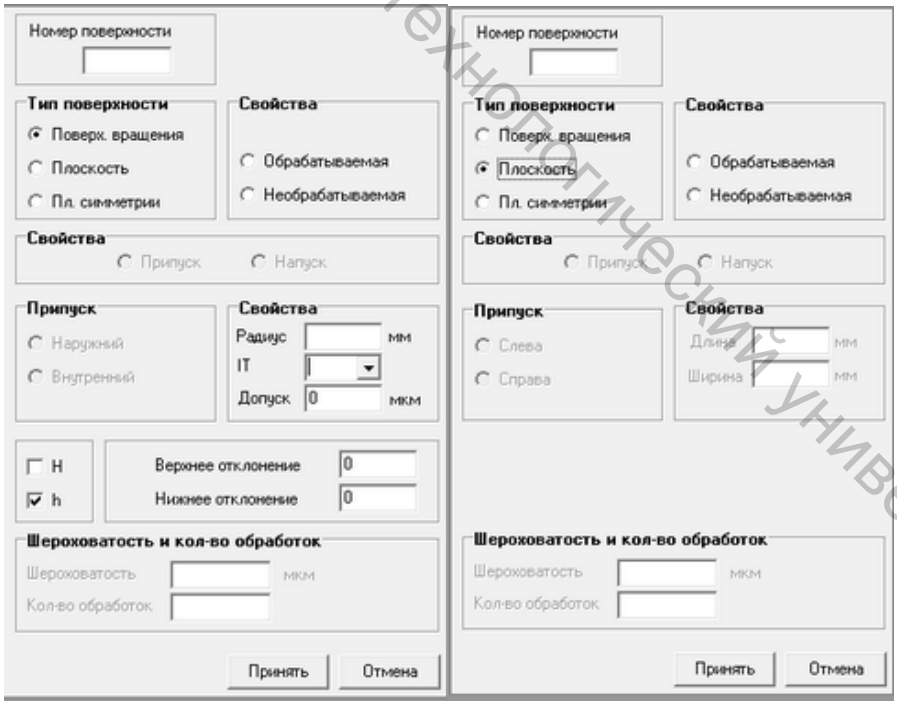


Рисунок 3.13 – Окна ввода данных о поверхности

Для плоских поверхностей:

– припуск слева или справа;

Витебский государственный технологический университет

– длина и ширина.

При вводе плоскости программа запрашивает длину и ширину, которые влияют на дальнейшее расчеты припуска.

При отсутствии этих параметров, программа сообщает об ошибке (рисунок 3.14)

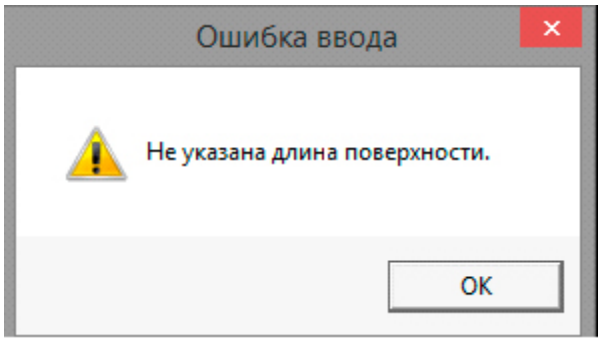


Рисунок 3.14 – Ошибка ввода размеров поверхности

При вводе поверхностей, нам предоставляется информация о поэтапной обработке поверхностей в графическом виде (рисунок 3.15).

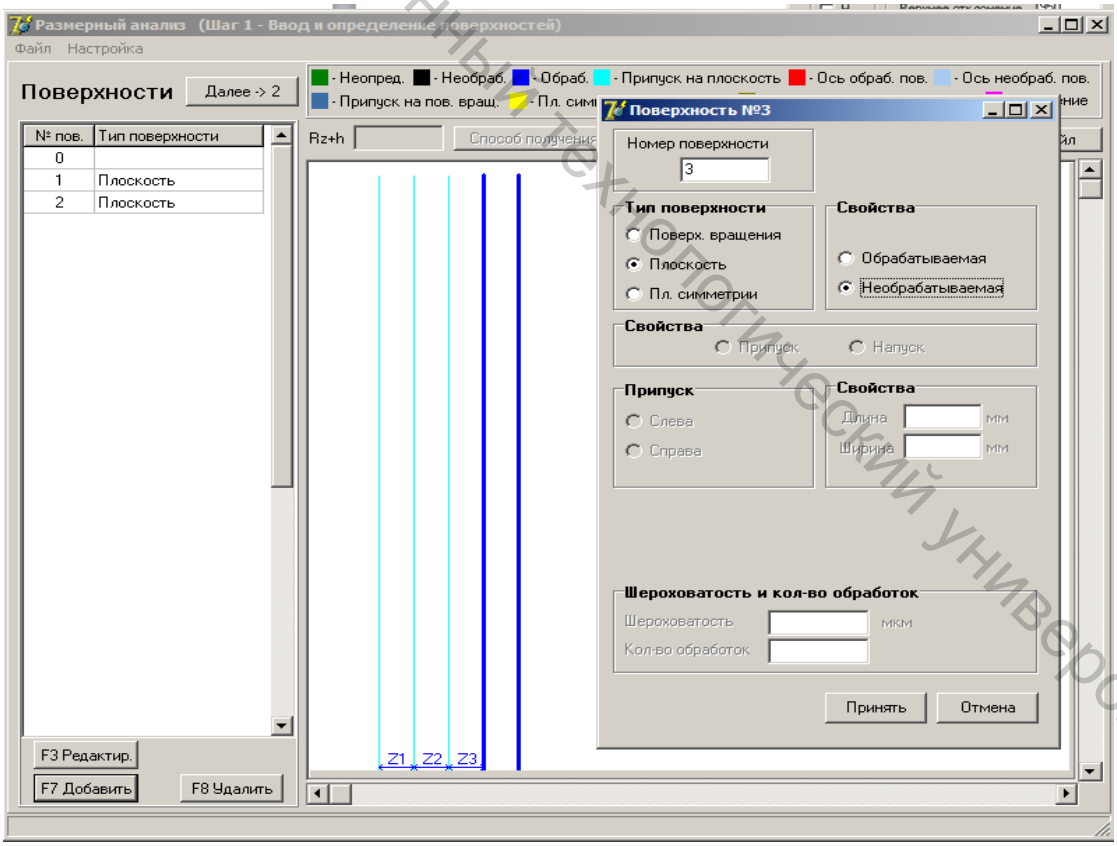


Рисунок 3.15 – Отображение припусков и смещений осей

Если какие-то поверхности введены неверно, то их можно редактировать при помощи кнопки «Редактировать».

Витебский государственный технологический университет

При нажатии кнопки «Далее» программа переходит ко второму этапу.

Этап 2. Ввод чертежных размеров.

На этом этапе указываются размеры, проставленные в чертеже (рисунок 3.16).

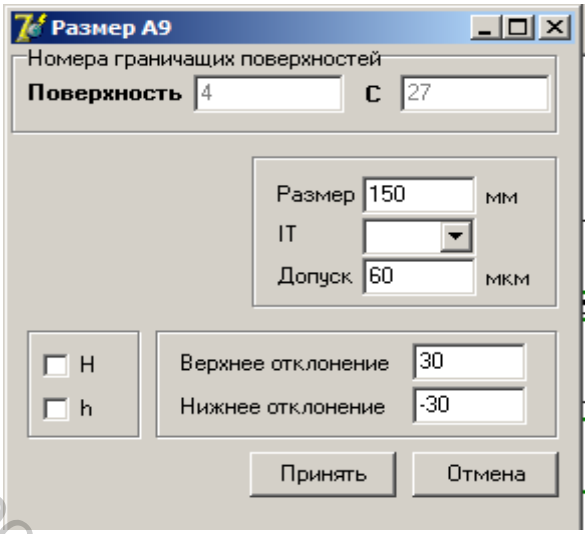


Рисунок 3.16 – Окно вводы чертежных размеров

Если указаны не все размеры, или, указаны лишние размеры, или не выполнено условие об одной связи между комплексом обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей, то программа выдаст сообщение об ошибке (рисунок 3.17).

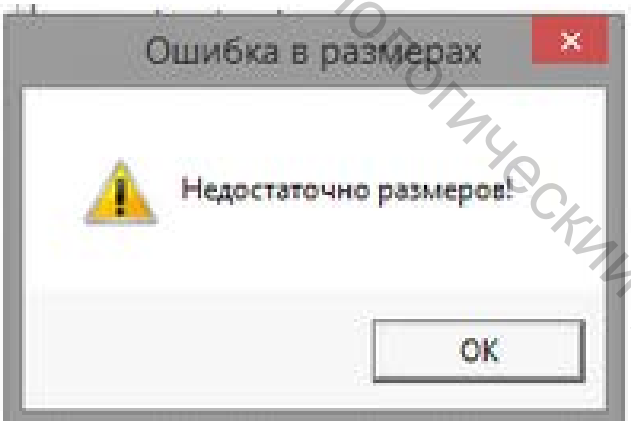


Рисунок 3.17 – Сообщение об ошибке в простановке размеров

Если все верно, то отображается верхняя часть размерной схемы с припусками и чертежными размерами (рисунок 3.18)

Витебский государственный технологический университет

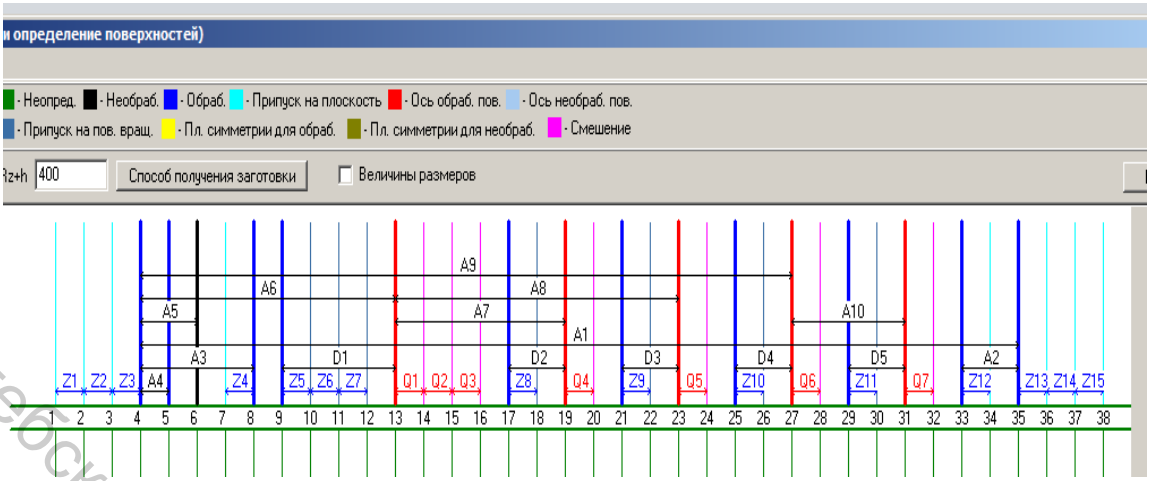


Рисунок 3.18 – Изображение переходов со снятием припуска чертежными размерами

Этап 3. Выбор способа получения заготовки, материала и качество заготовок. Для этого необходимо зайти в меню способа получения заготовки и выбрать необходимые параметры (рисунок 3.19).

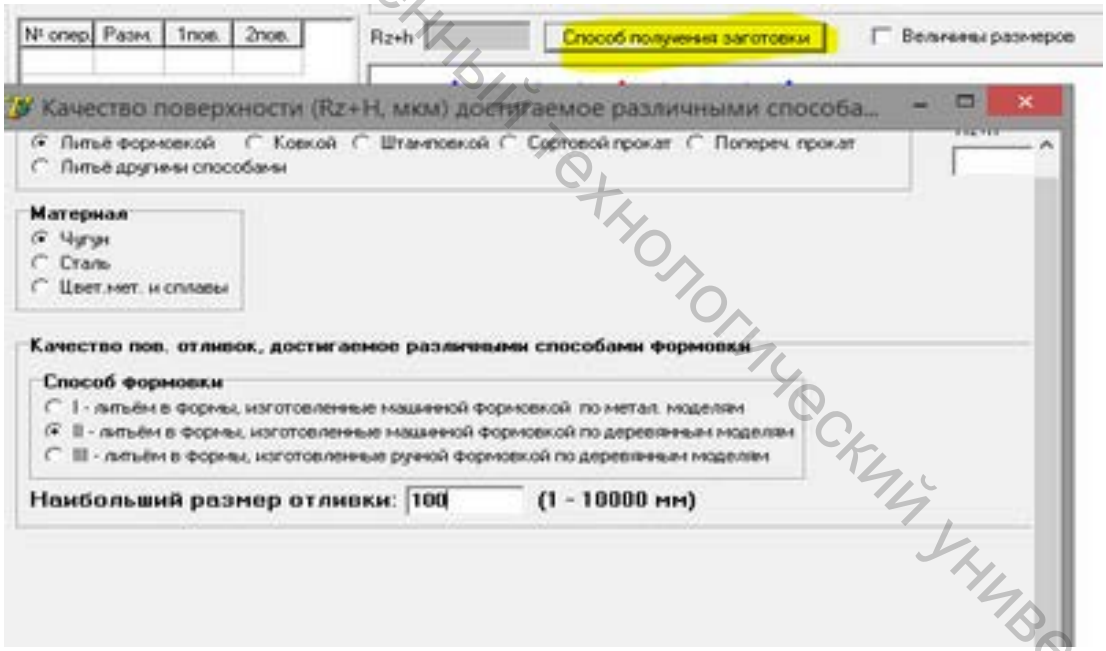

№ опер.
Разм.
1пов.
2пов.
Rz+h
Способ получения заготовки
Величины размеров
Качество поверхности (Rz+H, мкм) достигаемое различными способа...
Литьё формовкой
Ковкой
Штамповкой
Сортовой прокат
Попереч. прокат
Литьё другими способами
Материал
Чугун
Сталь
Цвет.мет. и сплавы
Качество пов. отливок, достигаемое различными способами формовки
Способ формовки
I - литьём в формы, изготовленные машинной формовкой по метал. моделям
II - литьём в формы, изготовленные машинной формовкой по деревянным моделям
III - литьём в формы, изготовленные ручной формовкой по деревянным моделям
Наибольший размер отливки:
100
(1 - 10000 мм)

Рисунок 3.19 – Выбор способ получения отливки

Этап 4. Ввод размеров заготовки.

Интерфейс ввода размеров заготовки показан на рисунке 3.20.

Витебский государственный технологический университет

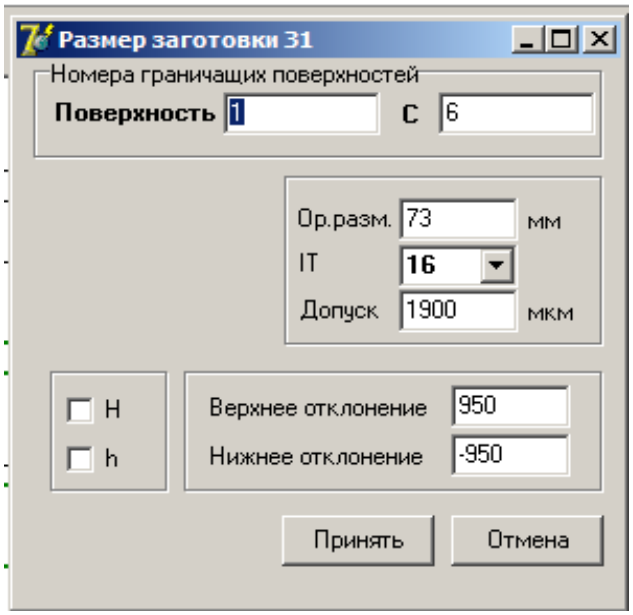


Рисунок 3.20 – Окно ввода размеров заготовки

Если неверно указать поверхности, между которыми следует проставлять размер, то программа выдаст сообщение об ошибке (рисунок 3.21).

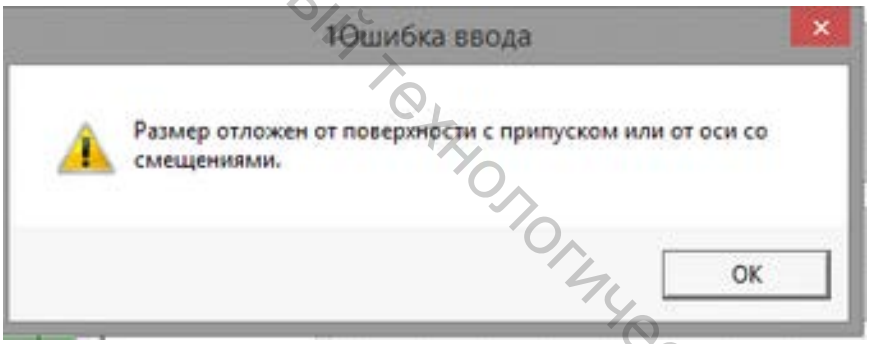


Рисунок 3.21 – Ошибка ввода

Если все введено верно, то размеры заготовки отражаются на размерной схеме (рисунок 3.22).

Этап 5. Простановка технологических размеров:

При вводе обозначений технологических размеров указываются базовая и обрабатываемая поверхности, номер операции и ее вид из меню «Вид операций» (рисунок 3.23).

Если в предложенных программой операциях нет необходимой, то вид операции и допуск можно задать пользователю в командной строке.

Следует учесть, что технологические размеры – векторная величина, следовательно, если неверно указать номера поверхностей, то программа выдаст сообщение об ошибке (рисунок 3.24).

Витебский государственный технологический университет



Рисунок 3.22 – Размеры заготовки

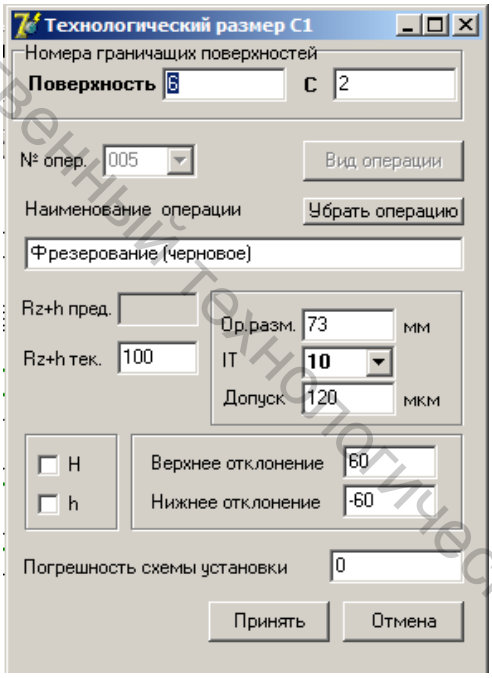


Рисунок 3.23 – Окно ввода технологических размеров

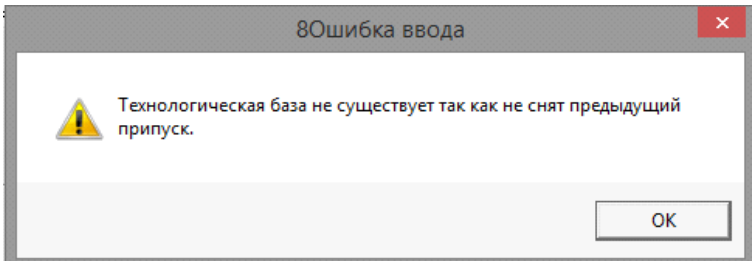


Рисунок 3.24 – Ошибка ввода технологических размеровъ

Витебский государственный технологический университет

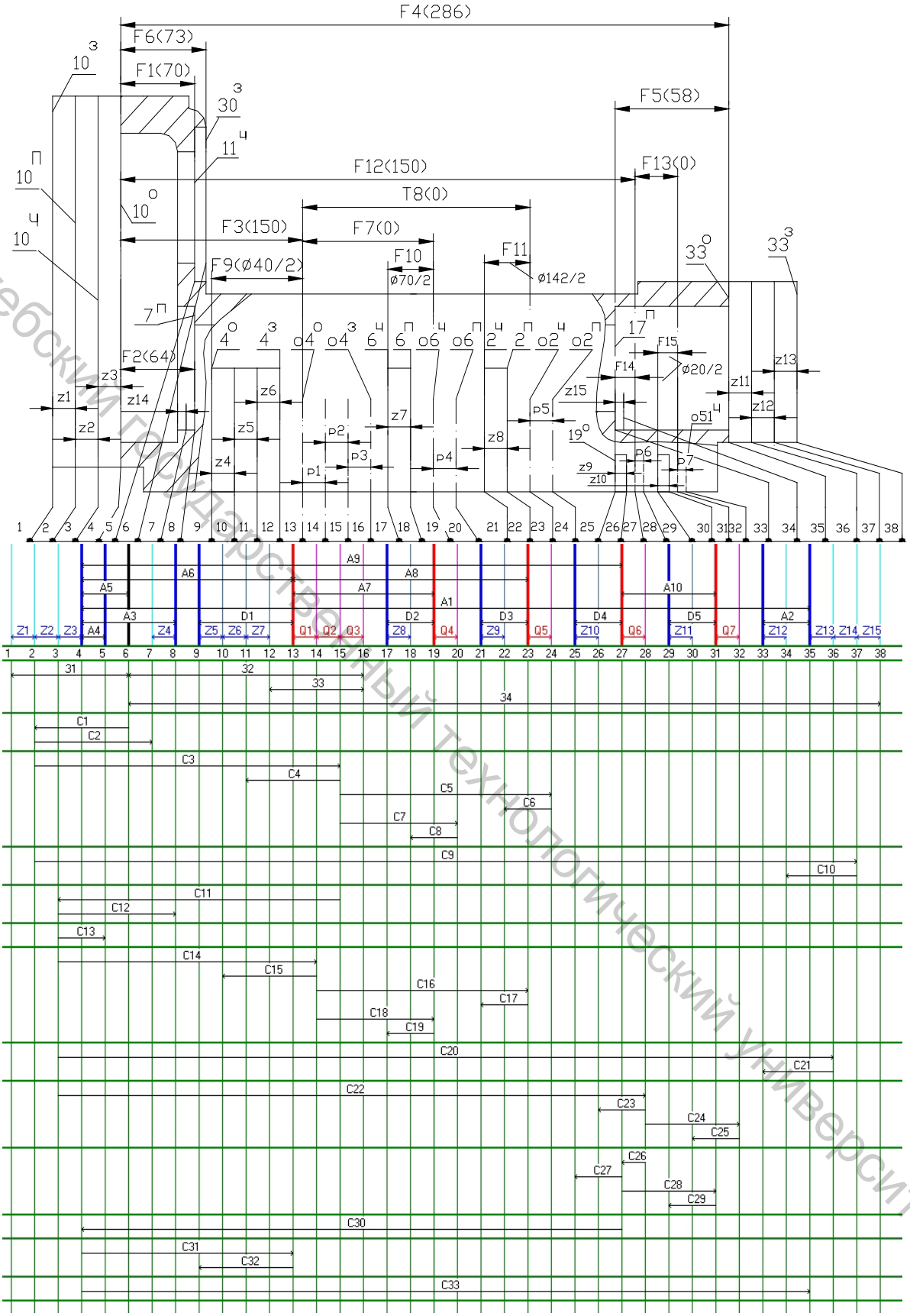


Рисунок 3.25 – Размерная схема технологического процесса совмещённая с чертежом

Витебский государственный технологический университет

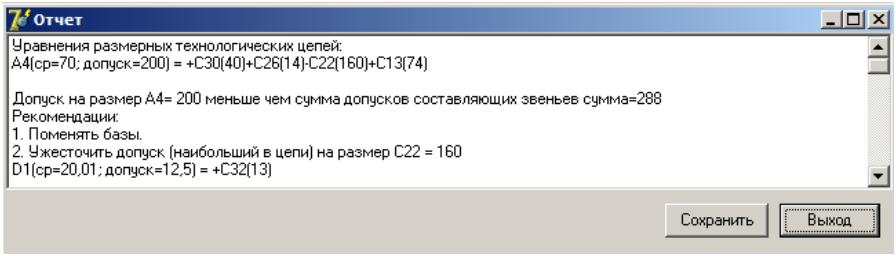


Рисунок 3.26 – Окно отчёта о работе программы

Отчет о работе ЭВМ
Уравнения размерных технологических цепей:
Z1(ср=1770,73)=+31(1900)-C1(120)
Z2(ср=178,95)=+C3(45)-C11(100)
Z3(ср=135,62)=+C22(90)-C26(14)-C30(40)
……..
Q1=-C31(12)+C30(40)+C26(14)-C22(90)+C14(45)
Q2=-C14(45)+C11(100)
Q3=-C3(45)+C1(120)+32(1900)
Q4=-C18(30)-C14(45)+C11(100)+C7(45)
Q5=-C16(30)-C14(45)+C11(100)+C5(45)
Q6=+C26(14)
……
A1(ср=285,85; допуск=300)=+C33(45)
A2(ср=58; допуск=200)=+C21(30)-C20(52)+C22(90)-C26(12)-C30(40)+C33(45)
A3(ср=64; допуск=200)=+C30(40)+C26(14)-C22(90)+C12(40)
A4(ср=70; допуск=200)=+C30(40)+C26(14)-C22(90)+C13(74)
A5(ср=72,65; допуск=700)=+C30(40)+C26(14)-C22(90)+C11(100)-C3(45)+C1(120)
……
Рассчитываем размеры заготовок и технологические размеры:
З1=74,27688 мм; допуск = 1900; ES=950; ei=-950; IT=16
З2=77,35 мм; допуск = 1900; ES=950; ei=-950; IT=16
З3= 18,14557 мм; допуск = 1300; ES=650; ei=-650; IT=16
З4= 215,4018 мм; допуск = 2900; ES=1450; ei=-1450; IT=16
С1=72,92317 мм; Фрезерование (черновое); Rz+h=100; допуск=120; ES=0; ei=-120; IT=10
С2=63,01264 мм; Растачив.(черновое); Rz+h=100; допуск=300; ES=150; ei=-150; IT=12
С3=150,27317 мм; Г. рст ст. (при программном управлении); допуск=45; ES=22,5; ei=-22,5
……..

Рисунок 3.27 – Фрагменты финального отчёта о работе программы (в скобках указаны допуски на технологические размеры в микрометрах)

3.2 Определение режимов резания

Определение режимов резания в ходе курсового проектирования производится по расчетным формулам [52, стр. 261-300] (для трех разнородных переходов) и по приближенным нормативам [48] (или приложению Ц).

Решение задачи определения режимов резания расчетным путем проводить в следующей последовательности.

1. Определяется глубина резания t.

Витебский государственный технологический университет

Пусть режимы резания рассчитываются для сверления, рассверливания, зенкерования или развертывания. Глубина резания для сверления $t=0{,}5D$, а для рассверливания, зенкерования или развертывания – определяется из выражения

$$t = \frac{D-d}{2}. \tag{3.15}$$

2. Определяется подача S и корректируется по паспорту станка.

Для сверления, рассверливания, зенкерования или развертывания подача определяется по [52, табл. 25-27, стр. 277] или приложению Ц.

3. Определяется период стойкости инструмента.

Экономическая стойкость инструмента для всех видов обработки определяется по формуле

$$T = (\mu - 1)\left(\tau_{с.и.} + \frac{З_и}{E}\right), \tag{3.16}$$

где μ – эмпирический параметр; $\tau_{с.и.}$ – время смены затупившегося инструмента; $З_и$ – затраты на эксплуатацию инструмента за период стойкости; E – затраты на эксплуатацию рабочего места за одну минуту.

Значения μ, $\tau_{с.и.}$ и отношения $З_и/E$ определяются по приложению Ц.

4. По эмпирическим формулам определяется скорость резания.

Для сверления скорость резания определяется по формуле

$$V_и = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \tag{3.17}$$

а при рассверливании, зенкеровании развертывании

$$V_и = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v, \tag{3.18}$$

C_v, q, m, x, y определяются по [52, табл. 28-29 стр. 278-279].

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания

$$K_v = K_{мv} K_{uv} K_{lv}, \tag{3.19}$$

где $K_{мv} = \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_v}$ – сталь; n_v=0,9 для быстрорежущей стали; n_v=1 для твердого сплава;

Витебский государственный технологический университет

$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,3}$ – серый чугун; $K_{mv} = \left(\frac{150}{HB}\right)^{1,3}$ – ковкий чугун;

K_{mv} для цветных сплавов определяется по [52, табл. 1-4, стр. 262-263];

K_{uv} определяется по [52, табл. 6, стр. 263];

K_{lv} определяется по [52, табл. 31, стр. 280].

5. Определяется частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000V_u}{\pi D}. \qquad (3.20)$$

Полученное значение корректируется по паспорту станка.

Если неизвестны все значения частоты вращения шпинделей, подач и чисел двойных ходов, то принимают во внимание следующее.

Частоты вращения шпинделей металлорежущих станков нормализованы, поэтому полученные расчетом значения округляются до ближайших, имеющихся в нормальных рядах. Числа двойных ходов в минуту и подачи выбираются из этих рядов. Каждый из таких рядов построен по закону геометрической прогрессии.

В справочниках указываются обычно числа n_{max} и n_{min} оборотов шпинделей, двойных ходов и подач.

Из определения геометрической прогрессии следует, что

$$n_{max} = n_{min}\varphi^{m-1}, \qquad (3.21)$$

где m — общее число ступеней скорости соответствующего элемента станка – шпинделя токарного или фрезерного станка, стола продольно-строгального станка и др.; φ – знаменатель ряда.

Отсюда можно определить любую из четырех величин n_{max}, n_{min}, φ или m, если известны или выбраны значения всех остальных.

Чаще всего необходимо для построения ряда по известным n_{max}, n_{min}, m определить φ. В станкостроении принято семь нормализованных геометрических рядов соответственно следующим значениям знаменателя φ: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.

В современных станках чаще всего применяются средние значения знаменателя φ: 1,26; 1,41 или 1,58; другие значения φ, особенно меньше 1,26, используются реже.

В тех случаях, когда ряды частоты вращения подач или двойных ходов построены на вышеуказанных нормализованных значениях знаменателя, можно воспользоваться следующей методикой для опре-

Витебский государственный технологический университет

деления значения φ и принятого значения частоты вращения, подачи или двойных ходов.

Из формулы для n_{max} следует

$$\varphi^{m-1} = n_{max} / n_{min}. \qquad (3.22)$$

Значения нормализованных знаменателей рядов φ, возведенные в степень, приведены в приложении Ц. Пользуясь таблицей, можно легко определить значение φ на основании заданных в технической характеристике станка n_{max}, n_{min} и *m*.

Для этого вычисляется частное n_{max} / n_{min} и в строке таблицы, соответствующей степени *m*- 1, находим то числовое значение φ^{m-1}, которое равно или близко вычисленному. В головке графы, в которой приводится это число, указано соответствующее данному ряду значение φ.

Затем делим расчетное значение частоты вращения двойных ходов или подачи на минимальное и получаем расчетное значение φ в степени *x*.

В той же графе таблицы для найденного ранее значения φ выбираем ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному $\varphi^x = n_{расч} / n_{min}$ Умножив затем найденное в таблице значение φ^x на n_{min}, получим принятые частоту вращения, число двойных ходов или подачу.

6. Определяется действительная скорость резания.

Для сверления, рассверливания, зенкерования или развертывания.

$$V_д = \frac{\pi D n_д}{1000}. \qquad (3.23)$$

7. Определяются силы и моменты резания.

При сверлении осевая сила (Н), крутящий момент (Н∗м) определяются по формулам

$$P_o = C_p D^q S^y K_p; \quad M = 10 C_м D^q S^y K_м,$$

а при рассверливании и зенкеровании

Витебский государственный технологический университет

$$P_o = C_p D^q t^x S^y K_p; \quad M = 10 C_м D^q t^x S^y K_м.$$

где C_p, q, y –определяется по [52, табл. 32, стр.281];

$K_p = K_{мр} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^{0,75}$ – сталь; $K_{мр} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{0,6}$ – серый чугун;

$K_{мр} = \left(\frac{HB}{150}\right)^{0,6}$ – ковкий чугун.

8. Определяется мощность, затрачиваемая на резание.
Для сверления, рассверливания, зенкерования или развертывания

$$N_{рез} = \frac{Mn}{9750}. \qquad (3.24)$$

9. Проверяется достаточность мощности привода станка по условию

$$N_{рез} \le N_{шп},$$

$$N_{шп} = N_{дв}\eta,$$

$$\eta = 0,8$$

Данные расчетов целесообразно свести в таблицу режимов резания (таблица 3.3)
Таблица 3.3 – Таблица режимов резания

№ операции	Переход	Длина рабочего хода	Глубина резания	Подача	Минутная подача	Скорость резания	Частота вращения шпинделя
		мм	*t*, *мм*	S_o, $S_д$ $\frac{мм}{об}$ $\frac{мм}{дв.х}$	$S_м$, $\frac{мм}{мин}$	V, $\frac{м}{мин}$	n, $\frac{об}{мин}$
005	**Фрезеровать пов**						

Витебский государственный технологический университет

4 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ

4.1 Расчет норм времени для всех операций

Технические нормы времени (в условиях массового и серийного производств) устанавливаются расчетно-аналитическим методом. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени $T_{ш\text{-}к}$:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \quad (4.1)$$

в массовом производстве определяется норма штучного времени $T_{шт}$:

$$T_{шт.} = T_{о} + T_{в} + T_{об.} + T_{от}, \quad (4.2)$$

где $T_{п\text{-}з}$ – подготовительно-заключительное время, мин; n – количество деталей в настроечной партии, шт.; $T_{о}$ – основное время, мин; $T_{в}$ – вспомогательное время, мин. Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы: $T_{в} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{из.}$; $T_{у.с.}$ – время на установку и снятие детали, мин; $T_{з.о.}$ – время на закрепление и открепление детали, мин; $T_{уп.}$ – время на приемы управления, мин; $T_{из.}$ – время на измерение детали, мин; $T_{об.}$ – время на обслуживание рабочего места, мин. Время на обслуживание рабочего места $T_{об.}$ в массовом производстве и при шлифовании в серийном производстве слагается из времени на организационное обслуживание $T_{орг}$ и времени на техническое обслуживание рабочего места: $T_{об} = T_{тех} + T_{орг}$; $T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Основное время $T_{о}$ вычисляется на основании принятых режимов резания по формулам в зависимости от длины рабочего хода, подачи, частоты вращения заготовки. Нормативы на отдельные элементы вспомогательного времени для массового производства приведены в приложении Ц. Нормативы вспомогательного времени, приведенные в приложении Ц можно в учебных целях использовать и для нормирования вспомогательного времени в серийном производстве, применяя коэффициент k в крупносерийном – 1,5, а в среднесерийном производстве – 1,85. Основанием для этого служат результаты анализа структуры штучно-калькуляционного времени в основных типах производства.

В массовом производстве время на техническое обслуживание рабочего места $T_{тех}$ определяется по следующим формулам:

Витебский государственный технологический университет

для токарных, фрезерных и сверлильных операций $T_{тех} = T_o * t_{см}/T$;

для шлифовальных операций $T_{тех} = T_o * t_n/T$;

для остальных операций $T_{тен} = T_o * П_{тех}/T$,

где T_o – основное время, мин; $t_{см}$ – время на смену инструментов и подналадку станка, мин; t_n – время на одну правку шлифовального круга, мин; $П_{тех}$ – затраты на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного; T – период стойкости при работе одним инструментом или расчетный период стойкости лимитирующего инструмента при многоинструментной обработке, мин.

Нормативные значения времени $t_{см}$, t_n, $П_{тех}$ приведены в приложении Ц.

Время на организационное обслуживание рабочего места $T_{орг}$ в массовом производстве для всех операций определяется в процентах от оперативного времени (их значения приведены в приложении Ц).

Эти же нормативы можно в учебных целях использовать и для определения $T_{тех}$ и $T_{орг}$ при нормировании шлифовальных операций в серийном производстве.

В серийном производстве для всех остальных операций $T_{об}$ и $T_{от}$ по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени.

Оперативное время $T_{оп} = T_{об} + T_{от}$, а общее время на обслуживание рабочего места и отдых в серийном производстве

$$T_{об.от} = T_{оп} * П_{об.от}/100. \qquad (4.3)$$

Время перерывов на отдых и личные надобности при нормировании работ в массовом производстве $T_{от} = T_o * П_{от}/100$, где $П_{от}$ – затраты времени на отдых в процентном отношении к оперативному. Соответствующие значения $П_{от}$ приведены в приложении Ц для массового производства. Здесь же приводятся данные нормирования шлифовальных работ в серийном производстве.

Приведенные выше формулы для определения штучного и штучно-калькуляционного времени можно представить в виде

$$T_{шт} = T_o + T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из} + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}, \qquad (4.4)$$

в серийном производстве для всех операций, кроме шлифовальных

$$T_{ш-к} = T_{п-з}/n + T_o + (T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из})k + T_{об.от}, \qquad (4.5)$$

Витебский государственный технологический университет

для шлифовальных операций

$$T_{ш\text{-}к} = T_{п\text{-}з}/n + T_о + (T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из})k + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}\,. \quad (4.6)$$

Пусть необходимо рассчитать норму штучно-калькуляционного времени для операции 005. Производство среднесерийное, размер партии деталей 100 шт.; размеры контролируются штангенциркулем с установкой его на размер в процессе измерения (4 размера). Деталь устанавливается в приспособлении предположительно с винтовым зажимом.

Приближенное основное время $t_о$=2,27 *мин.*

Определяем состав подготовительно-заключительного времени: установка приспособления с креплением болтами – 14 мин; настройка инструмента – 2 мин; получение инструмента и приспособлений до начала работы и сдачи их после завершения работы – 7 мин. (приложение Ч, табл. Ч.2.5 на подобные – фрезерные станки). Тогда

$$T_{п\text{-}з} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ мин.}$$

Время на установку и снятие детали, закрепление ее и открепление (приложение Ч, табл. Ч.1–Ч.6)

$$T_{у.с} + T_{з.о} = 0{,}13 + 0{,}128 = 0{,}258 \text{ мин.}$$

Время на приемы управления: включить и выключить станок кнопкой – 0,01 мин (приложение Ч, табл. Ч.1.8); время смены инструмента и позиционирование заготовки – 0,14 мин; (по паспорту станка) тогда

$$T_{уп} = 0{,}01 + 0{,}14 = 0{,}15 \text{ мин.}$$

Время, затраченное на измерения детали равно 0,69 мин.

Поправочный коэффициент на вспомогательное время при среднесерийном производстве к=1,85. Вспомогательное время $T_в$ = (0,258 + 0,15 + 0,59) 1,85 = =1,8463 мин.

Оперативное время

$$T_{оп} = 2{,}2713 + 1{,}8463 = 4{,}1176 \text{ мин.}$$

Витебский государственный технологический университет

Время на обслуживание рабочего места и отдых составляет 8 % оперативного времени (приложение Ч, табл. Ч.2.1), тогда

$$T_{об.от}=4,1176*0,08=0,3294$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{ш-к}=23/100+2,2713+1,8463+0,3294=4,677 \text{ мин}$$

Результаты определения $T_{шт}$ или $T_{ш-к}$ целесообразно свести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Сводная таблица технических норм времени по операциям, мин

Номер и наименование операций	$T_о$	$T_в$			$T_{оп}$	$T_{об,от}$	$T_{п-з}$	n	$T_{ш-к}$
		$T_{у.с}+T_{з.о}$	$T_{уп}$	$T_{из}$					
005 программно-комбинированная	2,27	0,258	0,15	0,69	4,1176	0,3294	23	100	4,677
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

4.2 Оформление комплекта технологической документации

4.2.1 Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие вопросы

Единая система технологической документации (ЕСТД) [66] – комплекс государственных стандартов и рекомендаций, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации, применяемой при изготовлении и ремонте изделий (включая сбор и сдачу технологических отходов).

Назначение комплекса документов ЕСТД:

– установление единых унифицированных машинно-ориентированных форм документов, обеспечивающих совместимость информации, независимо от применяемых методов проектирования документов;

– установление единых требований и правил по оформлению документов на единичные, типовые и групповые технологические процессы (операции), в зависимости от степени детализации описания технологических процессов;

– обеспечение оптимальных условий при передаче технологической документации на другое предприятие (другие предприятия) с минимальным переоформлением.

Витебский государственный технологический университет

Инженер-технолог в своей ежедневной трудовой деятельности оперирует такими технологическими документами единой системы технологической документации, как маршрутная, операционная карты, карта эскизов, ведомости оснастки, оборудования и многое другое.

Умение правильно оформлять эти документы определяет уровень квалификации инженера-технолога.

Обозначение стандартов ЕСТД строится на классификационном принципе.

Обозначение стандартов (рисунок 4.1) должно состоять из:

– цифры 3, присвоенной классу стандартов на Единую систему технологической документации;

– цифры 1 (после точки), обозначающей подкласс стандартов (для изделий машиностроения и приборостроения);

– цифры, обозначающей номер группы стандартов в соответствии с таблицей 4.2;

– двухзначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе;

– двух последних чисел (после тире), указывающих год регистрации стандарта.

Пример обозначения стандарта: ГОСТ 3.1403–85 «Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции ковки и штамповки».

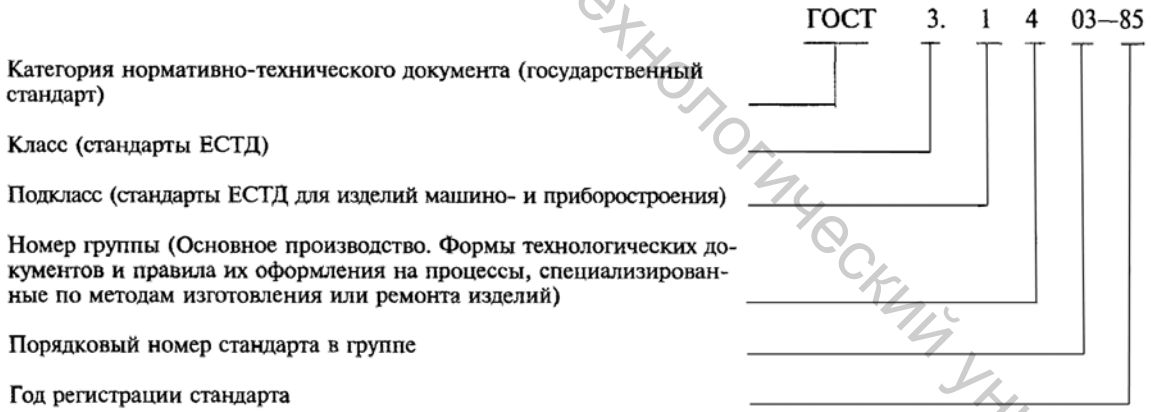


Рисунок 4.1 – Пример обозначения стандарта

Таблица 4.2 – Классификационные группы государственных стандартов и рекомендаций комплекса документов ЕСТД

Номер группы	Наименование группы
0	Общие положения
1	Общие требования к документам
2	Классификация и обозначение технологических документов

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.2

3	Общие требования к документам на машинных носителях
4	Основное производство. Формы технологических документов и правила их оформления на процессы специализированные по методам изготовления или ремонта изделий
5	Основное производство. Формы технологических документов и правила их оформления на испытания и контроль
6	Вспомогательное производство. Формы технологических документов и правила их оформления
7	Правила заполнения технологических документов
8	Прочие
9	Информационная база

В [66] – [103] представлен полный перечень стандартов Единой системы технологической документации.

4.2.2 ЕСТД. Виды документов

В зависимости от назначения технологические документы (далее – документы) подразделяют на основные и вспомогательные [67].

К основным относят документы:

– содержащие сводную информацию, необходимую для решения одной или комплекса инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач;

– полностью и однозначно определяющие технологический процесс (операцию) изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия).

К вспомогательным относят документы, применяемые при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов и операций, например, карту заказа на проектирование технологической оснастки, акт внедрения технологического процесса и др.

Основные технологические документы подразделяют на документы общего и специального назначения.

К документам общего назначения относят технологические документы, применяемые в отдельности или в комплектах документов на технологические процессы (операции), независимо от применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), например, карту эскизов, технологическую инструкцию.

К документам специального назначения относят документы, применяемые при описании технологических процессов и операций в зависимости от типа и вида производства и применяемых технологиче-

Витебский государственный технологический университет

ских методов изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), например, маршрутную карту, карту технологического процесса, карту типового (группового) технологического процесса, ведомость изделий (деталей, сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции), операционную карту и др.

Виды основных технологических документов, их назначение и условное обозначение приведены в таблице 4.3.

4.2.3 Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы

Комплектность технологических документов (далее – документов) на единичные технологические процессы (ЕТП) зависит от:

– типа производства по ГОСТ 14.004-83;

– стадии разработки документов по ГОСТ 3.1102-81;

– степени детализации описания технологических процессов, установленных по ГОСТ 3.1109-82;

– применяемых технологических методов изготовления и ремонта изделий.

Комплектность документов для каждого ЕТП устанавливается разработчиком документов применительно к конкретным условиям производства (см. приложение Ш).

Комплекты документов единичного технологического процесса изготовления и ремонта изделий (их составных частей) условно подразделяют на основной, дополнительный и полный.

Под основным комплектом документов следует понимать совокупность документов (комплектов документов), необходимых и достаточных для выполнения процесса, без учета входимости карт типовых (групповых) операций (КТО), технологических инструкций (ТИ) и инструкций по охране труда (ИОТ), но содержащих ссылки на их обозначения (см. приложение Ш).

Основной комплект документов ЕТП может включать документы (комплекты документов), отражающие требования по выполнению одного или нескольких последовательно выполняемых технологических методов, с учетом сопутствующих операций.

Под дополнительным комплектом документов ЕТП следует понимать совокупность документов (комплектов документов), ссылки на обозначения которых имеются в основном комплекте документов, необходимых и достаточных для выполнения процесса вместе с основным комплектом документов.

В состав дополнительного комплекта документов ЕТП, кроме КТО, ТИ и ИОТ, могут входить комплекты документов на типовые (групповые) технологические процессы, ссылки, на обозначения которых имеются в основном комплекте документов.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.3 – Виды основных технологических документов, их назначение и условное обозначение

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
ДОКУМЕНТЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ		
Титульный лист	**ТЛ**	Документ предназначен для оформления: – комплекта(ов) технологической документации на изготовление или ремонт изделия; – комплекта(ов) технологических документов на технологические процессы изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия); – отдельных видов технологических документов. Является первым листом комплекта(ов) технологических документов
Карта эскизов	**КЭ**	Графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения
Технологическая инструкция	**ТИ**	Документ предназначен для описания технологических процессов, методов и приемов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий (составных частей изделий), правил эксплуатации средств технологического оснащения. Применяется в целях сокращения объема разрабатываемой технологической документации

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.3

ДОКУМЕНТЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ		
Маршрутная карта	**МК**	Документ предназначен для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения по всем операциям различных технологических методов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах. Примечания: 1. МК является обязательным документом. 2. Допускается МК разрабатывать на отдельные виды работ. 3. Допускается МК применять совместно с соответствующей картой технологической информации, взамен карты технологического процесса, с операционным описанием в МК всех операций и полным указанием необходимых технологических режимов в графе «Наименование и содержание операции». 4. Допускается взамен МК использовать соответствующую карту технологического процесса
Карта технологического процесса	**КТП**	Документ предназначен для операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.3

Карта типового (группового) технологического процесса	**КТТП**	Документ предназначен для описания типового (группового) технологического процесса изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. Применяется совместно с ВТП
Операционная карта	**ОК**	Документ предназначен для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов
Карта типовой (групповой) операции	**КТО**	Документ предназначен для описания типовой (групповой) технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о средствах технологического оснащения и режимах. Применяется совместно с ВТО
Карта технологической информации	**КТИ**	Документ предназначен для указания дополнительной информации, необходимой при выполнении отдельных операций (технологических процессов). Допускается применять при разработке типовых (групповых) технологических процессов (ТТП, ГТП) для указания переменной информации с привязкой к обозначению изделия (составной его части)
Карта кодирования информации	**ККИ**	Документ предназначен для кодирования информации, используемой при разработке управляющей программы к станкам с программным управлением (ПУ)
Карта наладки	**КН**	Документ предназначен для указания дополнительной информации к технологическим процессам (операциям) по наладке средств технологического оснащения. Применяется при многопозиционной обработке для станков с ПУ, при групповых методах обработки

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.3

Ведомость оснастки	**ВО**	Документ предназначен для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость оборудования	**ВОБ**	Документ предназначен для указания применяемого оборудования, необходимого для изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость материалов	**ВМ**	Документ предназначен для указания данных о подетальных нормах расхода материалов, о заготовках, технологическом маршруте прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия (составных частей изделия). Применяется для решения задач по нормированию материалов
Ведомость сборки изделия	**ВСИ**	Документ предназначен для указания состава деталей и сборочных единиц, необходимых для сборки изделия в порядке ступени входимости, их применяемости и количественного состава
Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции)	**ВТП** **(ВТО)**	Документ предназначен для указания состава деталей (сборочных единиц, изделий), изготавливаемых или ремонтируемых по типовому (групповому) технологическому процессу (операции), и переменных данных о материале, средствах технологического оснащения, режимах обработки и трудозатратах
Ведомость технологических документов	**ВТД**	Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых для изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), и применяется при передаче комплекта документов с одного предприятия на другое

Витебский государственный технологический университет

4.2.4 Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы

Комплектность технологических документов (далее – документов) на типовые (групповые) технологические процессы (далее – ТТП (ГТП)) и типовые (групповые) технологические операции (далее – ТО (ГО)) зависит от:

– типа производства по ГОСТ 14.004-83;

– стадии разработки документов по ГОСТ 3.1102-81;

– степени детализации описания технологических процессов, установленных по ГОСТ 3.1109-82;

– применяемых технологических методов изготовления и ремонта изделий.

Комплекты документов, разрабатываемые и оформляемые на ТТП и ГТП изготовления и ремонта изделий (их составных частей), условно подразделяют на:

– основной;

– дополнительный;

– полный.

Под основным комплектом документов ТТП и ГТП следует понимать совокупность документов, необходимых и достаточных для выполнения процесса, без учета входимости технологических инструкций (ТИ), инструкций по охране труда (ИОТ), стандартов предприятий (СТП), карт типовых (групповых) операций перемещений, но содержащих ссылки на их обозначения.

Основной комплект документов ТТП и ГТП может включать документы (комплекты документов), отражающие требования по выполнению технологического процесса, включающего один или несколько технологических методов, с учетом сопутствующих операций.

Варианты основных комплектов документов ТТП в зависимости от типа производства, стадии разработки документов и степени детализации описания технологического процесса приведены в приложении Щ.

Под дополнительным комплектом документов ТТП (ГТП) следует понимать совокупность ТИ, ИОТ, карты типовых (групповых) операций на перемещения, СТП, ссылки на обозначения которых имеются в основном комплекте документов, необходимых и достаточных для выполнения процесса вместе с основным комплектом документов.

При оформлении документов, входящих в комплект ТТП (ГТП), следует руководствоваться общими требованиями ГОСТ 3.1129-93, ГОСТ 3.1130-93 и соответствующих стандартов ЕСТД, устанавливающих правила оформления документов, входящих в комплект, и правила записи технической информации (приложения Щ, Э).

Витебский государственный технологический университет

4.2.5 Правила и последовательность заполнения бланков технологической документации. Общие положения

Основные надписи. Основная надпись предназначена для указания назначения и области применения документа (комплекта документации, комплекта документов на технологический процесс или операцию) и для соответствующего оформления его с указанием участвующих лиц, их подписей и даты исполнения.

Основную надпись следует применять для всех видов документов, предусмотренных ГОСТ 3.1102.

Основная надпись представлена в виде информационных блоков (рисунок 4.2):

– БЛОК 1 (Б1) – блок адресной (поисковой) информации;
– БЛОК 2 (Б2) – блок состава исполнителей;
– БЛОК 3 (Б3) – блок внесения изменений;
– БЛОК 4 (Б4) – блок дополнительной информации;
– БЛОК 5 (Б5) – блок вспомогательной информации;
– БЛОК 6 (Б6) – блок вида и назначения документа.

В зависимости от назначения и способа выполнения документа блоки основной надписи могут иметь различные формы, например Б1ф1, Б1ф2, Б1ф3, Б1ф4 и т. д.

Сочетание блоков, расположенных в определенном порядке, образует основную надпись документа.

Выбор блоков и их расположение определяются для каждого документа на этапе подготовки к размножению бланков или при подготовке программ для автоматизированного проектирования документов на технологические процессы и операции.

Расположение блоков на первом (заглавном) листе, оборотной стороне или на последующих листах документов одного вида зависит от:

– вида документа и его назначения;
– формата документа или размещения максимального количества шагов печати в строке документа;
– применяемого способа печати бланков документов;
– расположения поля подшивки.

На рисунке 4.2 представлен пример расположения графических изображений блоков основной надписи на формах документов (заглавный лист).

На рисунке 4.3 представлено графическое изображение форм блоков адресной (поисковой) информации. Графы форм следует заполнять в соответствие с таблицей 4.4.

Витебский государственный технологический университет

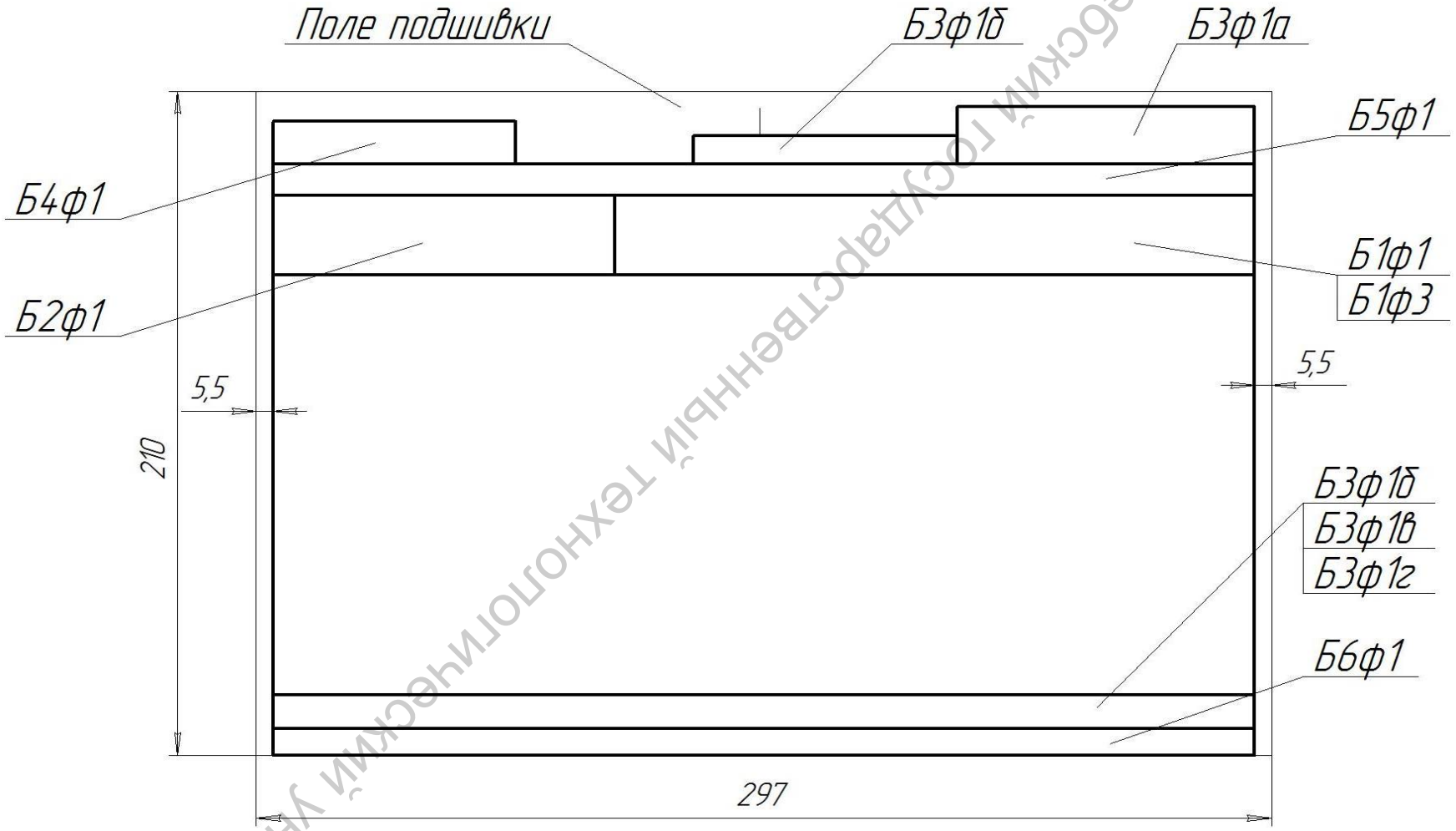


Рисунок 4.2 – Расположение графических изображений блоков основной надписи на формах документов (заглавный лист)

Витебский государственный технологический университет

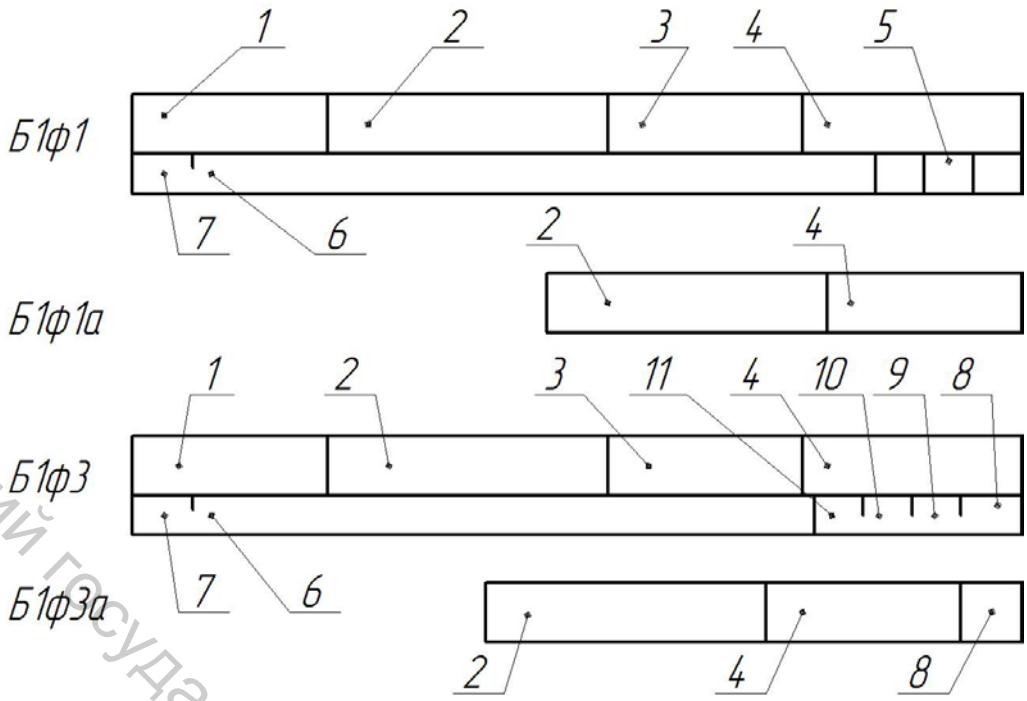


Рисунок 4.3 – Графическое изображение форм блоков адресной (поисковой) информации (блок Б1)

Таблица 4.4 – Заполнение форм блоков адресной информации

Номер графы	Содержание графы
1	Краткое наименование или условное обозначение предприятия (организации) – разработчика документа (документов)
2	Обязательность заполнения графы устанавливается в отраслевых нормативно-технических документах: – единичный технологический процесс (операцию) или отдельные виды документов (ВМ, ВТМ и так далее); – обозначение изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу; – типовой технологический процесс (операцию) – код ступени классификации по конструкторскому классификатору; – групповой технологический процесс (операцию) – графу не заполняют. Допускается в графу вносить два обозначения изделий (деталей, сборочных единиц при заимствовании ранее разработанного документа (комплекта документов) на единичный технологический процесс (операцию) изготовления другого изделия (детали, сборочной единицы) или одновременной разработке документа на технологический процесс изготовления двух изделий, имеющих общие конструктивные и технологические признаки (детали зеркального отражения)

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.4

3	Для типовых и групповых технологических процессов – код классификационных группировок технологических признаков, общих для группы деталей (сборочных единиц, изделий), характеризующих применяемый метод изготовления или ремонта, по «Технологическому классификатору деталей машиностроения и приборостроения». Для типовых и групповых технологических операций – код операции по «Классификатору технологических операций машиностроении и приборостроении» или по соответствующим классификаторам, разработанным в его развитие
4	Обозначение документа по ГОСТ 3.1201. Допускается в графе указывать обозначение комплекта документов: – для МК, КТП, КТТП, когда комплект документов оформляется без титульного листа; – для всех видов документов, входящих в комплект и не подлежащих обработке средствами вычислительной техники
5	Литера, присвоенная документу (комплекту документов) по ГОСТ 3.1102. Графу следует заполнять слева направо
6	Допускается графу не заполнять для ТИ, ВТП (ВТО), КК и т. п. Для документов, разрабатываемых на единичный технологический процесс (операцию) или отдельные виды документов (ВМ, ВТМ и т.д.) – наименование изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу: – типовой технологической процесс (операцию) – наименование группы изделий (деталей, сборочных единиц), характеризующихся общностью конструктивных признаков, например «валы», «втулки» «шестерни» и так далее; – групповой технологический процесс (операцию) – наименование применяемого метода, например «кадмирование», «хромирование»
7	Общая единица нормирования, принятая для всего технологического процесса. Графу следует заполнять на основании требований, установленных на уровне предприятия (организации)
8	Номер операции, выполняемой в технологической последовательности изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещения). Допускается графу не заполнять для отдельных видов документов, распространяющих свои требования не на одну, а на несколько операций или являющихся общими для разных комплектов документов
9	Номер рабочего места (конвейера, поточной линии или склада), на котором выполняется операция
10	Номер участка, на котором выполняется операция
11	Номер цеха, в котором выполняется операция

Витебский государственный технологический университет

4.2.6 Правила заполнения ведомости технологических документов

Для оформления ведомостей технологических документов применяются формы 4, 4а и 5 [78].

Формы 4, 4а и 5, 5а ведомости технологических документов являются унифицированными, и их возможно использовать для разработки ведомости технологических документов.

ВТД в общем случае должны состоять из разделов, расположенных в следующем порядке:

– изделие;

– сборочные единицы;

– детали;

– материалы;

– комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом комплекта (комплектов) документов, необходимых для изготовления (ремонта) изделия (составных частей изделия) или для микрофильмирования документов на изделие в целом или его составных частей. Выбор и определение соответствующего комплекта (комплектов) документов устанавливается в каждом случае разработчиком документов, исходя из решаемых задач. Наименование каждого раздела указывают в графе «Наименование ДСЕ».

В разделе «Изделие» перечисляют комплекты ТД на изготовление (ремонт) изделия в целом, например, на сборку, испытание, упаковку и т. д. и сводные документы на изделие – ВМ, ВО, ВОБ, ВП и другие сводные документы по ГОСТ 3.1102–81.

В разделах «Сборочные единицы» и «Детали» перечисляют комплекты ТД или отдельные документы, применяемые при изготовлении (ремонте) сборочных единиц, деталей.

В разделе «Материалы» перечисляют комплекты ТД или отдельные документы на процессы приготовления (обработки) материалов, в том числе и для технологических деталей, образцов-свидетелей, приготовление компаундов, смол, клеев, и т. д.

В разделе «Комплекты» перечисляют комплекты ТД или отдельные документы, применяемые при изготовлении комплектов.

Порядок записи обозначений комплектов ТД внутри каждого раздела устанавливается разработчиком документов в зависимости от очередности выполнения технологических действий.

Для разработки ВТД следует применять типы строк, имеющие служебные символы С, Ф и Г.

На рисунке 4.4 представлен пример унифицированной формы ведомости технологических документов (первый лист, форма 5).

Витебский ГТУ | Виртуальный технологический университет

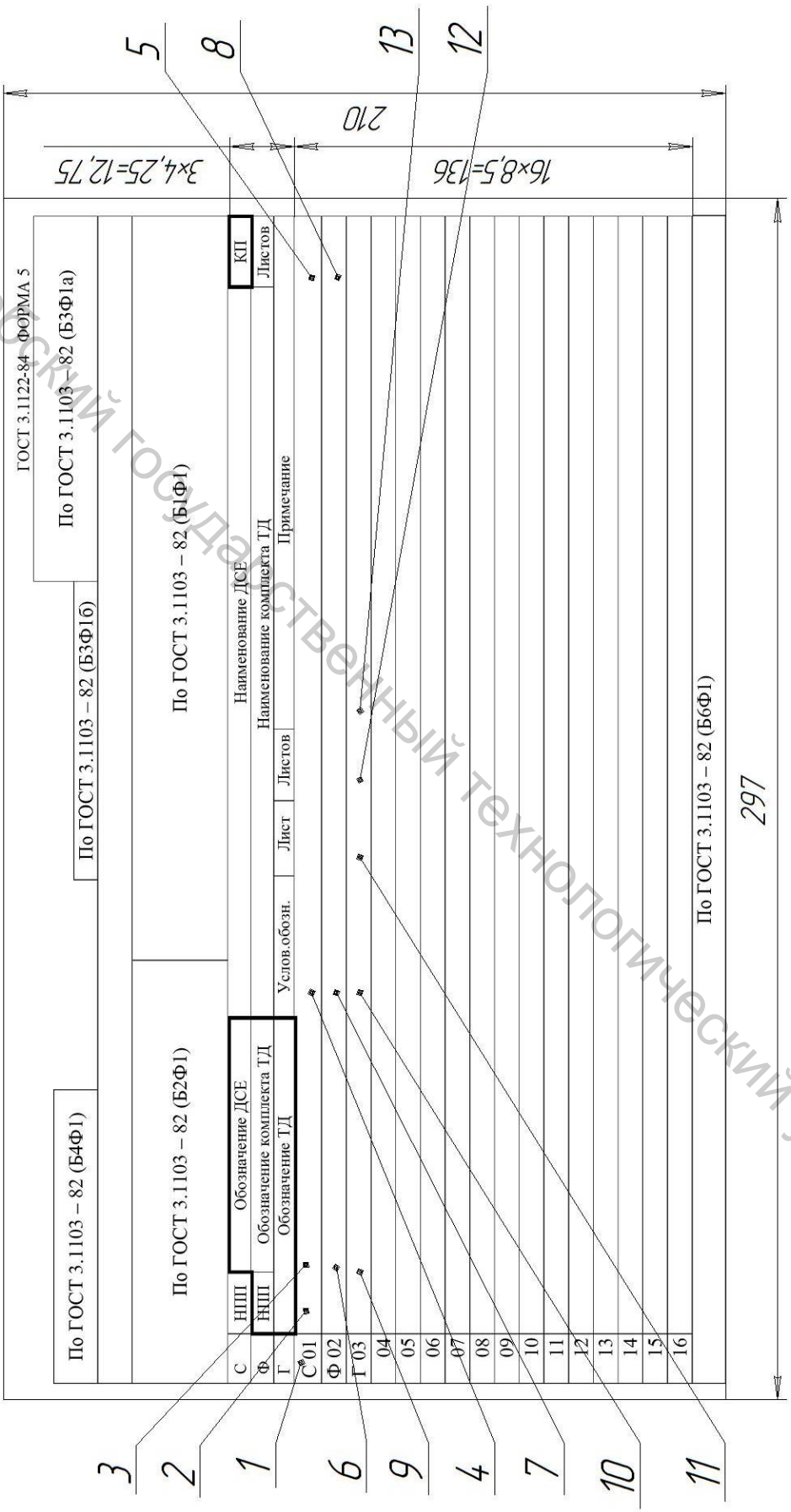


Рисунок 4.4 – Унифицированная форма ведомости технологических документов (первый лист, форма 5)

Витебский государственный технологический университет

Графы унифицированных форм следует заполнять в соответствии с таблицей 4.5.

Таблица 4.5 – Заполнение унифицированных форм ВТД

Номер графы	Наименование графы	Содержание графы
1		Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Запись следует выполнять в одну строку
2	НПП	Номер по порядку
3	Обозначение ДСЕ	Обозначение сборочной единицы, детали, комплекта по конструкторскому документу или обозначение материала. В разделе «Изделие» графу не заполняют
4	Наименование ДСЕ	Наименование детали, сборочной единицы, комплекта или материала. Допускается графу не заполнять
5	КП	Код принадлежности детали, сборочной единицы, например, стандартизованных, покупных и т. п. по соответствующим НТД, применяемым в отрасли или на предприятии (организации). Графу следует заполнять только для ТВ
6	Обозначение комплекта ТД	Обозначение комплекта технологических документов по ГОСТ 3.1201-85
7	Наименование комплекта ТД	Наименование комплекта технологических документов
8	Листов	Общее количество листов в комплекте документов
9	Обозначение ТД	Обозначение технологического документа по ГОСТ 3.1201-85. В разделах «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» и «Материалы» – обозначение технологических документов на перечисляемые в этих разделах составные части изделия и материалы
10	Услов. обозн.	Условное обозначение вида документа по ГОСТ 3.1102-81
11	Лист	Порядковый номер листа документа, в котором содержится информация о детали или сборочной единице
12	Листов	Общее количество листов документа
13	Примечание	Графы для дополнительных сведений, порядок заполнения которых устанавливается отраслевыми документами

Витебский государственный технологический университет

4.2.7 Правила заполнения титульного листа

Титульный лист (ТЛ) применяют при оформлении:

– комплекта технологических документов (далее – комплекта документов) на отдельные технологические процессы (операции), специализированные по методам изготовления или ремонта;

– комплекта технологической документации (далее – комплекта документации) на технологические процессы изготовления или ремонта изделий и (или) их составных частей;

– отдельных технологических документов (далее – документов), если они имеют самостоятельное применение, например, ВМ, ВО и так далее.

Допускается оформлять ТЛ на комплект документов (документации) в бумажной форме, оформленный в альбом. При оформлении комплекта документов (документации) в бумажной форме в нескольких альбомах ТЛ оформляют на каждый альбом, при этом поля 1, 2, 3, 4, 5 и 6 ТЛ (рисунок 4.5) ко второму и последующим альбомам допускается не заполнять. Конкретный порядок оформления ТЛ к последующим альбомам устанавливает организация, разрабатывающая комплект документов.

ТЛ является первым листом комплекта документов (документации).

Обязательность применения ТЛ устанавливает организация, разрабатывающая комплект документов.

Для оформления ТЛ следует применять формы 1 – 4:

– форму 1 применяют для комплекта документов (документации), выполненных на формате А4 с вертикальным расположением поля подшивки (или с преобладанием документов, выполненных на таком формате);

– форму 2 применяют для комплекта документов (документации), выполненных на формате А4 с горизонтальным расположением поля подшивки (или с преобладанием документов, выполненных на таком формате);

– форму 3 применяют для комплекта документов (документации), выполненных на формате А3 (или с преобладанием документов, выполненных на таком формате);

– форму 4 применяют для комплекта документов (документации), выполненных методом автоматизированного проектирования (или с преобладанием таких документов в комплекте) на алфавитно-цифровых печатающих устройствах.

Запись данных в ТЛ следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1129 и ГОСТ 3.1130. На рисунке 4.5 приведен титульный лист формы 1.

Витебский государственный технологический университет

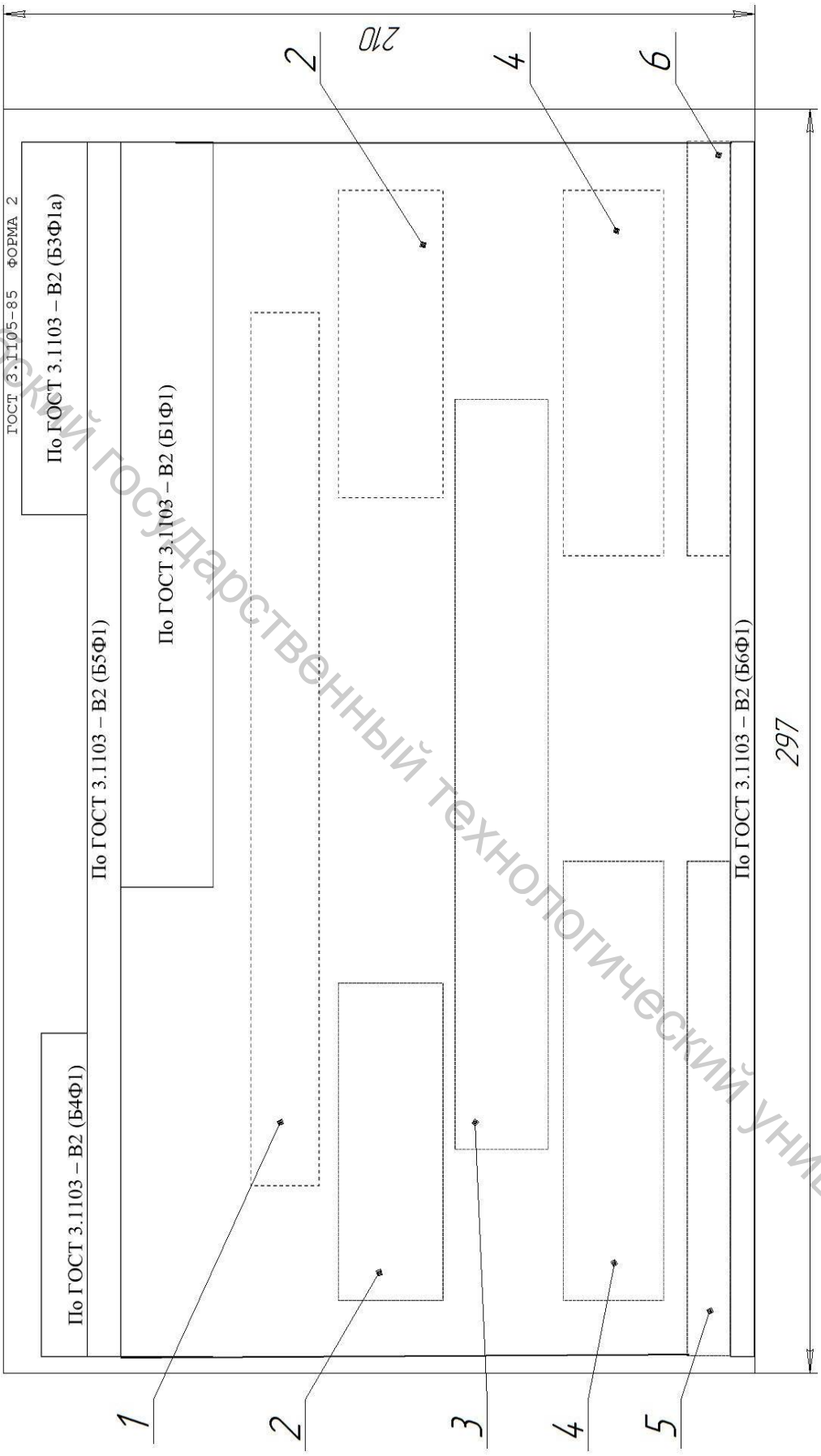


Рисунок 4.5 – Титульный лист (форма 2)

Витебский государственный технологический университет

На ТЛ (рисунок 4.5) следует указывать:

1. На поле 1 - наименование вышестоящей организации, в систему которой входит организация, разработавшая данный комплект (комплекты) документов (документации).

Допускается записывать:

– ниже наименования вышестоящей организации наименование промышленного объединения, в которое входит организация, разработавшая данный комплект (комплекты) документов (документации);

– наименование организации-разработчика при невозможности внесения этого наименования в графу 1 основной надписи.

2. На поле 2 – в левой части поля – должность и подпись лица, согласовавшего комплект (комплекты) документов (документации) от заказчика с указанием, при необходимости, наименования (обозначения) соответствующей организации, в правой части поля – должность и подпись лица, утвердившего комплект (комплекты) документов (документации).

3. На поле 3 – наименование комплекта документов (документации) или наименование вида документа.

Запись данных на поле 3 следует выполнять в следующем порядке:

– на первой строке прописными буквами – наименование комплекта документов (документации) или отдельного вида документа;

– на второй и последующих строках строчными буквами – для комплекта технологической документации – указание общего понятия изготовления или ремонта изделия (деталей, сборочных единиц) без указания применяемого метода;

– для комплекта документов на технологический процесс (операции) – наименование (или аббревиатуру) вида технологического процесса (операции) по организации производства, например, единичный технологический процесс (ЕТП), типовой (групповой) технологический процесс ТТП (ГТП), типовая (групповая) технологическая операция ТО (ГО) и наименование основного технологического метода, применяемого при изготовлении (ремонте) изделий и (или) их составных частей.

Допускается:

– выполнять запись на второй и последующих строках прописными буквами;

– не указывать наименование (или аббревиатуру) вида технологического процесса по его организации для единичных технологических процессов;

– указывать в скобках вариант исполнения изделий и (или) их составных частей.

– указывать для сброшюрованных в альбом (альбомы) комплектов документов (документации) после наименования технологического

Витебский государственный технологический университет

процесса с новой строки наименование и обозначение нескольких изделий, вошедших в данный альбом (альбомы).

4. Указывать на поле 4 – в левой части поля – должности и подписи лиц, подтвердивших согласование комплекта документов (документации), отдельного вида документа с подразделениями предприятия, отвечающими за отдельные технологические методы, применяемые при изготовлении (ремонте) изделий и (или) их составных частей, например главного металлурга, главного сварщика и так далее; в правой части поля – должности и подписи лиц, ответственных за разработку комплекта (комплектов) документов (документации) или отдельного вида документа. Справа от каждой подписи проставляют инициалы и фамилию лица, подписавшего документ, а ниже подписи – дату подписания.

Примечание 1. В целях исключения дублирования информации на поле 4 выносят подписи ответственных лиц, не вошедшие в основную надпись основного документа, например, при наличии в маршрутной карте подписи руководителя технологического бюро эту подпись на ТЛ выносить не следует. Номенклатуру должностных лиц, участвующих в согласовании и разработке документов (документации), устанавливает организация. Дополнительные визы должностных лиц на бумажном документе, при необходимости, допускается указывать на поле подшивки ТЛ.

Примечание 2. Запись данных на поле 4 допускается выполнять в одну или две строки:

– указывать на поле 5 номер акта и дату внедрения технологического процесса (операции), свидетельствующего о внедрении комплекта документов (документации) в производство;

– делать на поле 6 отметку о соответствии комплекта (комплектов) документов (документации) на технологические процессы отдельным «Положениям» или «Руководствам», действующих в организации (на предприятии).

При необходимости указания данных о номере заказа (договора) соответствующую информацию следует вносить в графу 28 блока Б5 (ГОСТ 3.1103) основной надписи в соответствии с требованиями на уровне отрасли или предприятия.

Для указания общего количества листов в комплекте документов, альбоме (папке) следует руководствоваться требованиями ГОСТ 3.1119. Общее количество альбомов (папок) и порядковый номер альбома (папки) следует указывать соответственно в графах 31 и 32 блока Б5 основной надписи.

Витебский государственный технологический университет

4.2.8 Правила заполнения маршрутной карты

Маршрутная карта (МК) является составной и неотъемлемой частью комплекта технологических документов, разрабатываемых на технологические процессы изготовления или ремонта изделий и их составных частей.

Формы МК, установленные стандартом, являются унифицированными и их следует применять независимо от типа и характера производства и степени детализации описания технологических процессов.

Выбор и установление области применения соответствующих форм МК зависят от разрабатываемых видов технологических процессов, специализированных по применяемым методам изготовления и ремонта изделий и их составных частей, назначения формы в составе комплекта документов и применяемых методов проектирования документов.

При маршрутном и маршрутно-операционном описании технологического процесса МК является одним из основных документов, на котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций.

При операционном описании технологического процесса МК выполняет роль сводного документа, в котором указывается адресная информация (номер цеха, участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты.

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации.

Простановка служебных символов является обязательной и не зависит от применяемого метода проектирования документов.

В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки и выполняемые прописной буквой, например, М01, А12 и т. д.

Указание соответствующих служебных символов для типов строк, в зависимости от размещаемого состава информации, в графах МК следует выполнять согласно таблице 4.6.

На рисунке 4.6 представлен пример заполнения маршрутной карты (первый лист, форма 1).

Витебский государственный технологический университет

К заполнению граф технологических документов предъявляются следующие требования:

1. Каждая строка мысленно делится по горизонтали пополам, и информацию записывают в нижней ее части, оставляя верхнюю часть свободной для внесения изменений.

2. Для граф, выделенных утолщенными линиями, существует три варианта заполнения:

а) графы заполняются кодами и обозначениями по соответствующим классификаторам и стандартам. Вариант используется разработчиками, внедрившими автоматизированную систему управления производством;

б) информация записывается в раскодированном виде.

Для изложения технологических процессов в маршрутной карте используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. Простановка служебных символов является обязательной в любом случае. В качестве обозначения служебных символов приняты прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки. Указание соответствующих служебных символов в графах маршрутной карты следует выполнять в соответствии с таблицей 2.3.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «О», следует руководствоваться требованиями, которые устанавливают правила записи операций и переходов.

При операционном описании технологического процесса на маршрутной карте номер перехода следует проставлять в начале строки.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «Т», следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки.

Информацию о применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

1) приспособления;
2) вспомогательный инструмент;
3) режущий инструмент;
4) слесарно-монтажный инструмент;
5) специальный инструмент;
6) средства измерения.

Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты, выбирают из таблицы 4.7.

Витебский государственный технологический университет

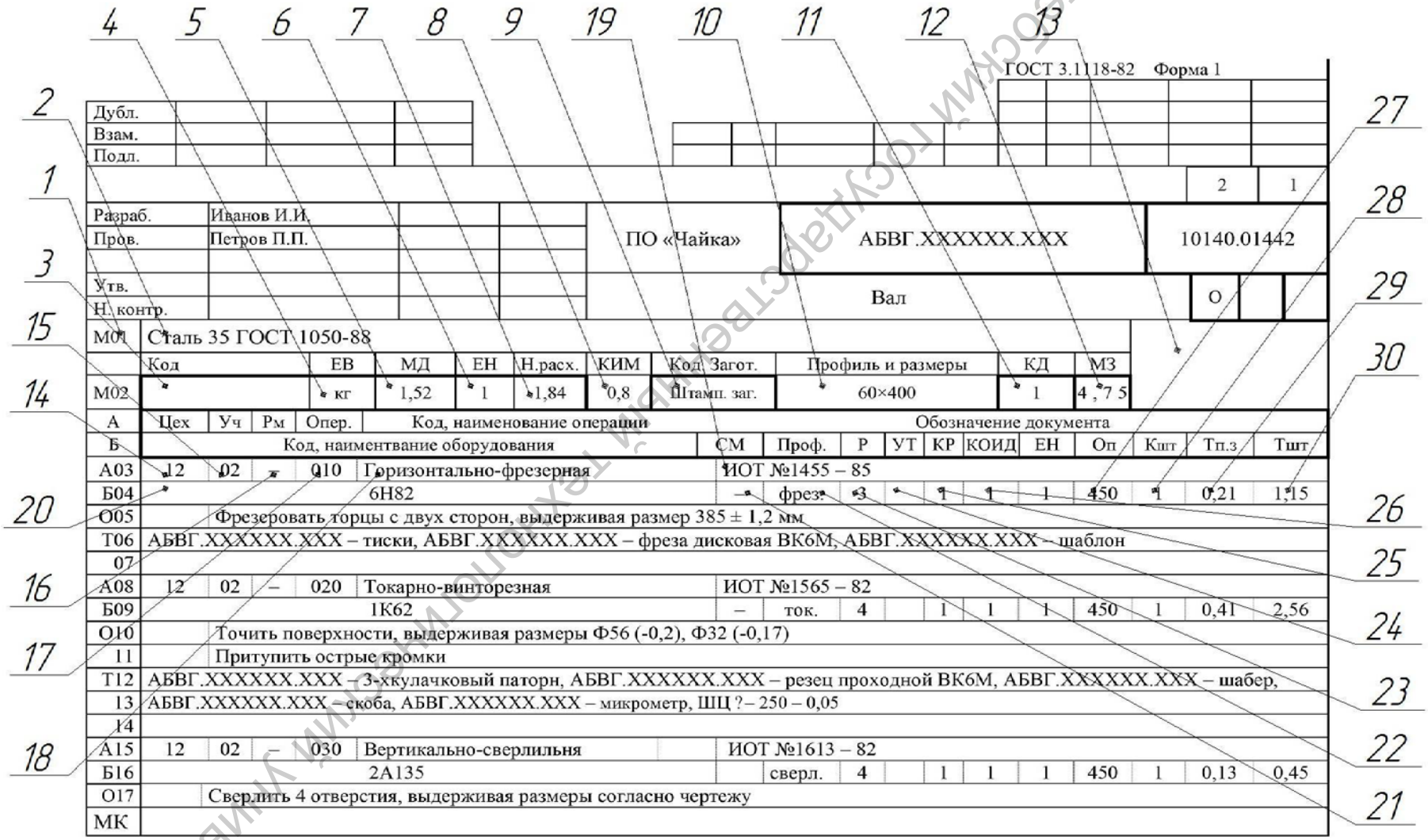


Рисунок 4.6 – Маршрутная карта (первый лист, форма 1)

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.6 – Сведения, вносимые в графы, расположенные на строке маршрутной карты

Символ	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; код и наименование операции
Б	Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам
К	Информация о комплектации изделия (сборочной единицы) составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода
М	Информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, о применяемых исходных и комплектующих материалах, кодах единицы величины, единицы нормирования, количестве на изделие и нормы расхода
О	Содержание операции (перехода)
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке. Перед наименованием оснастки указывается код в соответствии с классификатором. Код включает в себя высшую (шесть первых цифр, и низшую (четыре цифры после точки, можно условно указать в виде знака «XXXX») классификационные группировки. Количество одинаковой одновременно работающей оснастки указывается цифрой в скобках: «...; 39 1842. XXXX (2) – фреза угловая Р9М6;»
Р	Информация о режимах обработки

Таблица 4.7 – Содержание граф основной надписи технологических документов

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
1	-	-	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Запись выполняют на уровне одной строки, например, М02, Б04. Допускается при указании номера строки в пределах от 01 до 09 применять вместо 0 знак ∅, например, М∅2, Б∅4

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.7

Номер графы	Наименование графы	Служебный символ	Содержание информации
2	-	М01	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись выполняется на уровне одной строки с применением разделительного знака дроби «/», например, лист БОН- 2,5×1000×2500 ГОСТ 19903-74/III-IV В Ст. 3 ГОСТ 14637-89
3	Код	М02	Код материала по классификатору
4	ЕВ	М02, К, Н, М	Код единицы величины (массы, длины, площади и т. п.) детали, заготовки, материала по Классификатору СОЕВС. Допускается указывать единицы измерения величины
5	МД	М02	Масса детали по конструкторскому документу
6	ЕП	М02, Б, К, Е, Н, М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
7	Н. расх.	М02, К, Н, М	Норма расхода материала
8	КИМ	М02	Коэффициент использования материала. При автоматизированном проектировании допускается графу не заполнять
9	Код заготовки	М02, М03	Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливки, прокат, поковка)
10	Профиль и размеры	М02, М03	Профиль и размеры исходной заготовки. Информацию по размерам следует указывать исходя из имеющихся габаритов, например, лист 1,0×710×1420, 115×270×390 (для отливки). Допускается профиль не указывать
11	КД	М02, М03	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
12	МЗ	М02, М03	Масса заготовки

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.7

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
13	-	-	Графа для особых указаний. Порядок заполнения графы и обязательность заполнения устанавливаются в отраслевых нормативно-технических документах
14	Цех	А, В	Номер (код) цеха, в котором выполняется операция
15	Уч.	А, В	Номер (код) участка, конвейера, поточной линии
16	РМ	А, В	Номер (код) рабочего места
17	Опер.	А, В	Номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещение)
18	Код, наименование операции	А, В	Код операции по технологическому классификатору, наименование операции. Примечание. Допускается код операции не указывать
19	Обозначение документа	А, Г	Обозначение документов, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении данной операции. Состав документов следует указывать через разделительный знак «;» с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки
20	Код, наименование оборудования	Б, Д	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер. Информацию следует указывать через разделительный знак «;». Допускается взамен краткого наименования оборудования указывать его модель. Допускается не указывать инвентарный номер

Окончание таблицы 4.7

Витебский государственный технологический университет

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Служебный символ	Содержание информации
21	СМ	Б, Е	Степень механизации (код степени механизации). Обязательность заполнения графы устанавливается в отраслевых нормативно-технических документах
22	Проф.	Б, Е	Код профессии по классификатору ОКПДТР
23	Р	Б, Е	Разряд работы, необходимый для выполнения операции
24	УТ	Б, Е	Код условий труда по классификатору ОКПДТР и код вида нормы
25	КР	Б, Е	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
26	КОИД	Б, Е	Количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых, ремонтируемых) деталей (сборочных единиц) при выполнении одной операции. Примечание. При выполнении процесса перемещения следует указывать объем грузовой единицы – количество деталей в таре
27	ОП	Б, Е	Объем производственной партии в штуках. На стадиях разработки предварительного проекта и опытного образца допускается графу не заполнять. Примечание. При выполнении процесса перемещения в графе следует указывать объем транспортной партии, количество грузовых единиц, перемещаемых одновременно
28	К шт.	Б, Е	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
29	Тпз	Б, Е	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
30	Т шт.	Б, Е	Норма штучного времени на операцию

Витебский государственный технологический университет

4.2.9 Правила заполнения операционной карты

Структура построения операционной карты (ОК) идентична маршрутной. Запись информации выполняется построчно с привязкой к соответствующим служебным символам.

Указание единиц величины следует выполнять в заголовках или подзаголовках соответствующих граф. Допускается указывать единицы величины параметров технологических режимов после их числовых значений, например, 40 мм; 0,2 мм/об; 36 м/мин.

Указание данных по технологическим режимам следует выполнять после записи состава применяемой технологической оснастки.

В целях разделения информации по группам технологической оснастки и поиска необходимой информации допускается перед указанием состава применять условное обозначение видов: приспособлений – «ПР»; вспомогательного инструмента – «ВИ»; режущего инструмента – «РИ»; средств измерений – «СИ».

Например, СИ. АВВХХХ. Пробка 024Р7-пр.

При описании содержания перехода необходимо указывать данные по основному (То) и вспомогательному (Тв) времени. Это следует выполнять на уровне строки, где заканчивается описание содержания перехода под служебным символом «О». Большинство граф операционной карты соответствует аналогичным графам маршрутной карты. Информацию по дополнительным графам следует вносить в соответствии с рисунком 4.7 и таблицей 4.8.

Полную запись делают при необходимости перечисления всех выдерживаемых размеров.

Сокращенная запись используется при ссылке на условное обозначение конструктивного элемента обрабатываемого изделия. Данная запись выполняется при достаточной графической информации, для промежуточных переходов, не имеющих графических иллюстраций, в содержании следует указывать исполнительные размеры с их предельными отклонениями и при необходимости шероховатость обработанной поверхности и другие технические требования. Например, «Точить поверхность 3, выдерживая d = 40-0,34 и 1 = 100±0,4».

Переходы (основные и вспомогательные) нумеруются арабскими цифрами 1, 2, 3... В общем случае в содержание перехода включается:

1) ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме;

2) наименование (существительное в винительном падеже) обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства, например, «отверстие», «фаску», «канавку», «заготовку»;

Витебский государственный технологический университет

3) информация о размерах обработки резанием или их условных обозначениях, приведенных на операционных эскизах и указанных там арабскими цифрами в окружности диаметром 6...8 мм;

4) дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки, например, «предварительно», «последовательно», «по копиру».

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности указываются только обозначениями на операционном эскизе. Допускается указывать в тексте содержания операции информацию о параметре шероховатости предварительно обрабатываемых поверхностей (промежуточных переходов), если это нельзя указать на операционном эскизе, например, «фрезеровать предварительно поверхность 1, выдерживая высоту 70±0,5, Rz = 50».

В содержании операции должны быть отражены все необходимые действия, выполняемые в технологической последовательности исполнителем или исполнителями; по обработке, заготовки на одном рабочем месте.

На рисунке 4.7 приведен пример заполнения операционной карты (первый лист, форма 1), а в таблице 4.8 приведена информация по дополнительным графам.

Таблица 4.8 – Информация по дополнительным графам операционной карты

№пп	Наименование графы	Содержание информации
1	—	Графы для записи содержания перехода, информации по оснастке, режущему и измерительному инструменту
2	ПИ	Номер позиции инструментальной наладки. Графа заполняется для станков с ЧПУ
3	T_O	Норма основного времени на операцию, мин
4	Д или В	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали. Данные по «Д» или «В» указываются с учетом величины врезания и перебега
5	T_B	Норма вспомогательного времени на операцию, мин
6	L	Расчетный размер длины рабочего хода с учетом величины врезания и перебега
7	T	Глубина резания
8	I	Число рабочих ходов
9	S	Подача
10	N	Частота вращения шпинделя
11	V	Скорость резания
12	—	Номер операции
13	СОЖ	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости

Витебский государственный технологический университет

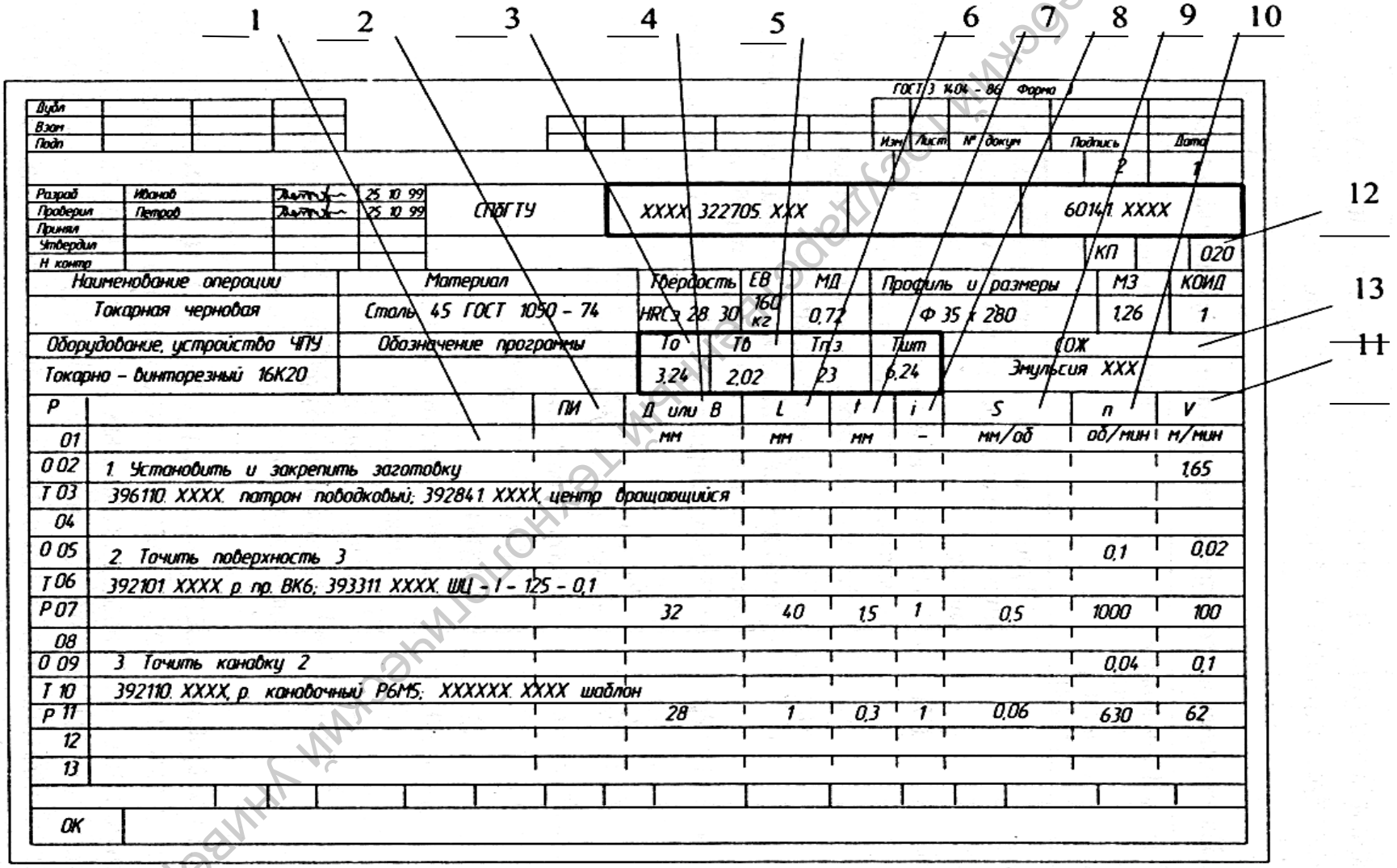


Рисунок 4.7 – Операционная карта (первый лист, форма 1)

Витебский государственный технологический университет

4.2.10 Правила заполнения карты эскизов

Карта эскизов (КЭ) – основной графический документ, дающий наглядную информацию о выполняемой технологической операции.

КЭ применяют для разработки графических иллюстраций, таблиц к текстовым документам и выполняют на форматах по ГОСТ 2.301.

Для разработки КЭ следует применять следующие формы:

– 6 и 6а – для формата А4 с вертикальным расположением поля подшивки;

– 7 и 7а – для формата А4 с горизонтальным расположением поля подшивки;

– 8 и 8а – для формата А3.

Эскизы следует выполнять с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с примерным соблюдением пропорций.

При разработке технологической операции необходимо помнить, что сначала разрабатывается и полностью оформляется эскиз на карте эскизов, а только потом заполняется текстовая операционная карта. На каждом эскизе необходимо показать:

1. Заготовку в рабочем положении, причем ее контур изображается в таком виде, в каком она получается в конце данной операции или установа.

Если операция выполняется за несколько установов, то эскиз оформляется на каждый установ отдельно. В этом случае каждому эскизу присваивается номер операции и через черточку - номер вспомогательного перехода на перезакрепление заготовки.

Например, 020-1, 065-2 и т. п.

2. Поверхности, обрабатываемые на данной операции, выделяются утолщенными черными линиями.

3. Условное обозначение опор, зажимов, установочных устройств выполняется согласно ГОСТ 3.1107-81 «Опоры, зажим и установочные устройства. Графические обозначения».

4. Размеры, получаемые на данной операции с указанием допусков и шероховатости поверхности. При этом необходимо учесть, что на эскизе проставляются только те размеры, которые обеспечиваются на данной операции. Проставлять размеры следует таким образом, чтобы не появилась необходимость перерасчета номинальных значений и допусков на них, т. е. простановка размера должна учитывать способ его получения.

5. Габаритные размеры заготовки (в качестве справочных данных).

6. Допуски на погрешности формы, взаимного расположения поверхностей, если это необходимо обеспечить на данной операции.

7. Режущий инструмент показывается по мере необходимости, предпочтительно в конце рабочего хода (если инструмент затемняет

Витебский государственный технологический университет

эскиз, то его можно изобразить отведенным от заготовки). На рисунке 4.8 представлен пример карты эскизов (первый лист, форма 7).

4.2.11 Правила заполнения документов технического контроля

В качестве основного документа технического контроля следует использовать операционную карту технического контроля по ГОСТ3.1502-85 (форма 2).

Пример заполнения карты представлен на рисунке 4.9. Дополнительная информация, вносимая в карту, приведена таблице 4.9.

Остальные графы заполняются по аналогии с маршрутной и операционной картами.

Для описания ТП, операций и переходов технического контроля используются способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ.

Правила и порядок применения служебных символов «М», «А», «Б», «О», «Т» по ГОСТ 3.1118-82.

Простановка конкретных данных по выбранным значениям параметров технологических режимов и данных по трудозатратам осуществляется разработчиком документов после текстового описания содержания операции (перехода) в строке со служебным символом «Р».

При описании операций технического контроля следует применять полную или краткую форму записи содержания переходов.

Полную форму записи следует выполнять на всю длину строки с включением граф «Объем и ПК» и «То/Тв», с возможностью переноса информации на последующие строки.

Данные по применяемым средствам измерений следует записывать всегда с новой строки.

Краткую форму записи следует применять только при проверке контролируемых размеров и других данных, выраженных числовыми значениями. В этом случае текстовую запись применять не следует, а необходимо указать только соответствующие параметры, например, ф47 + 0,039; U = 100 В + 5.

Данные по применяемым средствам технологического оснащения следует записывать исходя из их возможностей, т. е. к каждому контролируемому размеру (параметру) или к группе контролируемых размеров (параметров).

Особые указания к отдельным контролируемым размерам или параметрам, следует выполнять после записи соответствующих данных с новой строки по всей длине, с возможностью переноса информации на последующие строки.

Витебский государственный технологический университет

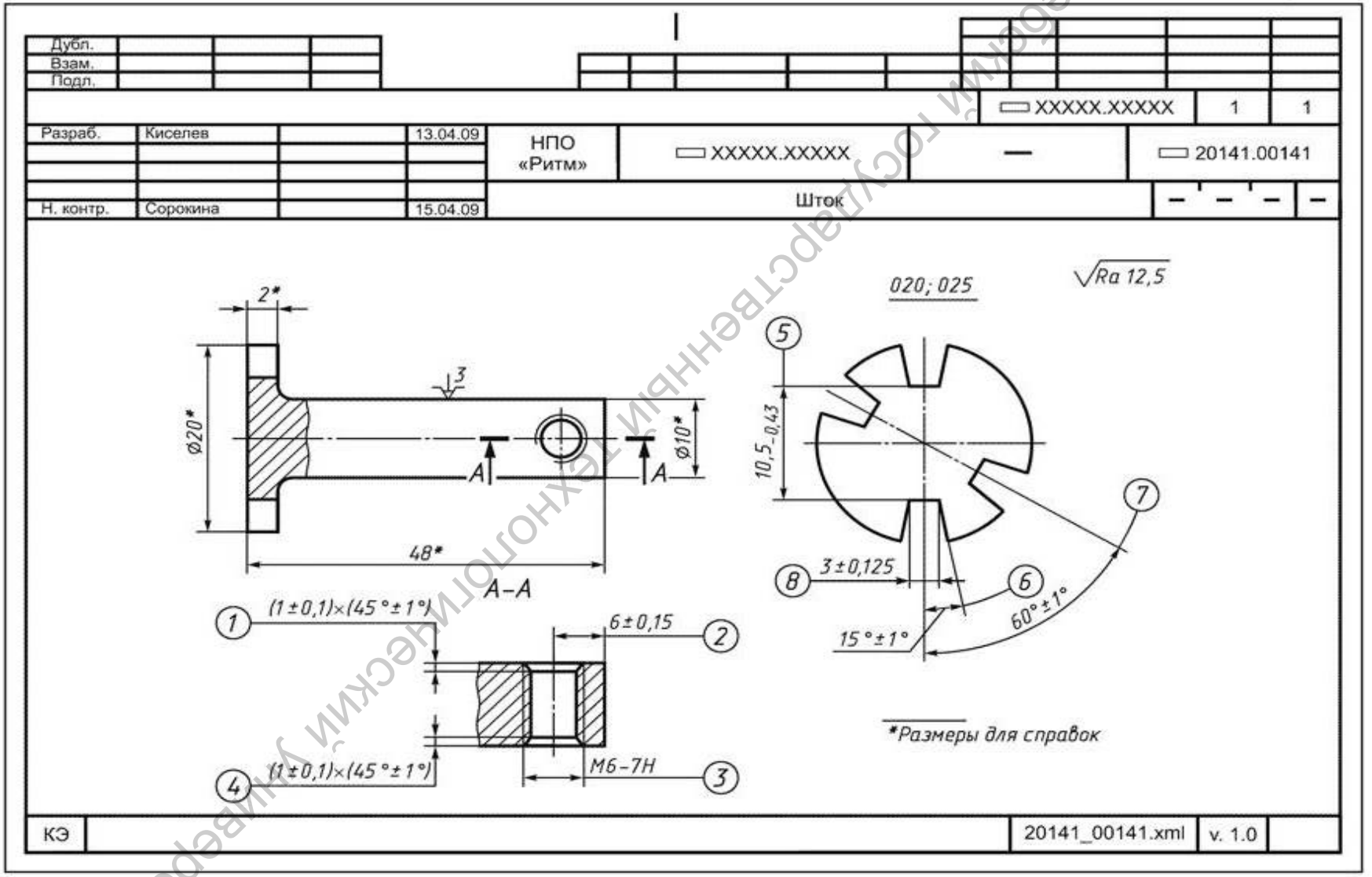


Рисунок 4.8 – Карта эскизов(первый лист, форма 7)

Витебский государственный технологический университет

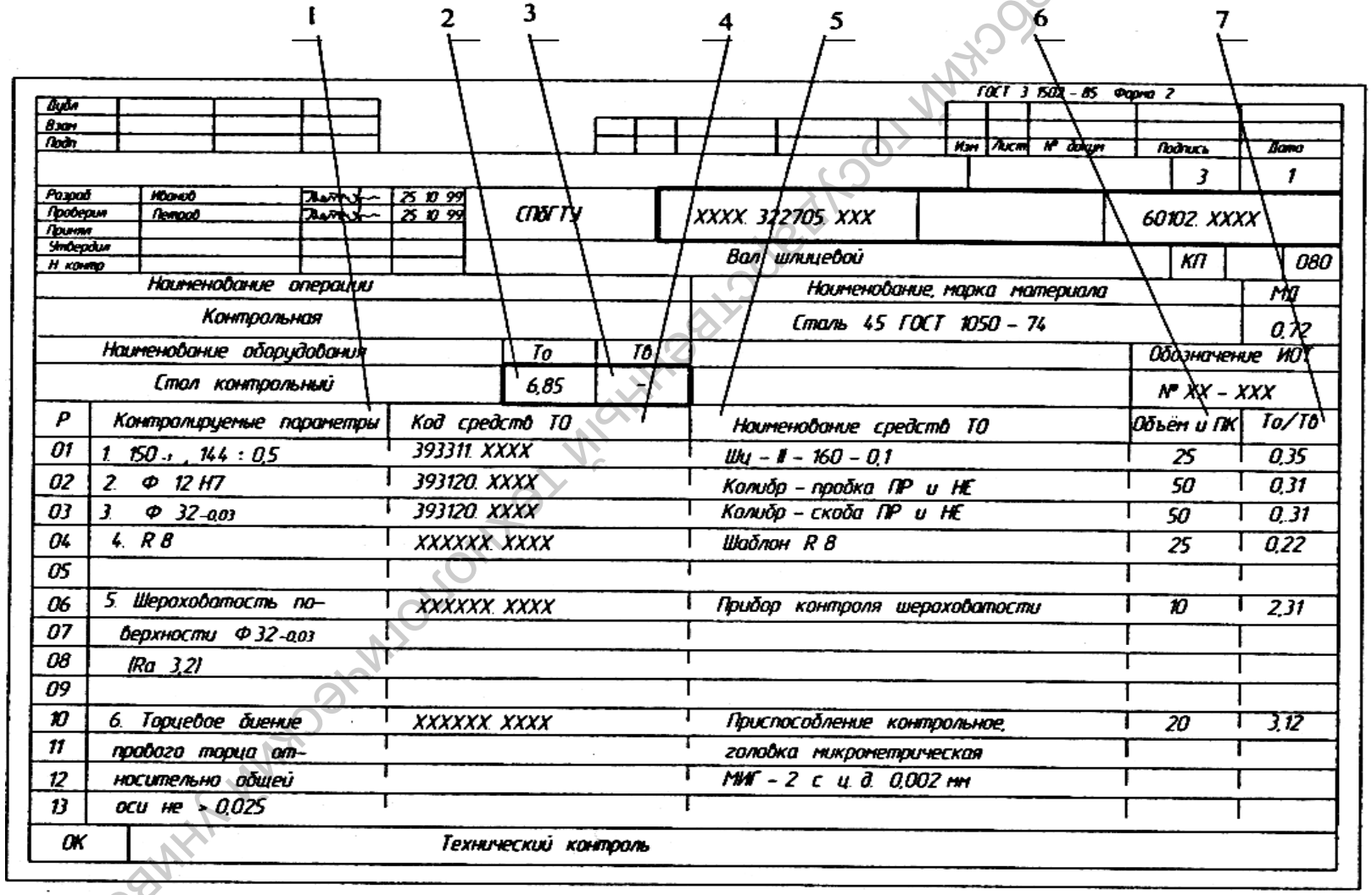


Рисунок 4.9 – Пример заполнения контрольной карты

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.9 – Информация, вносимая в карту технического контроля

№пп	Условное обозначение графы	Содержание информации
1	Контролируемые параметры	Параметры, по которым идет технический контроль
2	То	Суммарное основное время на операцию
3	$Т_В$	Суммарное вспомогательное время на операцию
4	Код средств ТО	Код, обозначение средств технологического оснащения (ТО) по классификатору или по НТД (нормативно-техническим документам)
5	Наименование средств ТО	Краткое наименование средств технологического оснащения
6	Объем и ПК	Объем контроля (в шт.; %) и периодичность контроля (ПК) (в час, смену и так далее)
7	То, Тв	Основное или вспомогательное время на переход

Примеры заполнения технологических документов для рассматриваемой детали представлены в приложении Ю.

4.3 Оформление пояснений

4.3.1 Структурные элементы расчетно-пояснительной записки (записки)

Структурными элементами являются:
– титульный лист;
– бланк задания на курсовое проектирование;
– содержание;
– определения;
– обозначения и сокращения;
– введение;
– основная часть;
– заключение;
– **список использованных источников**.

Обязательные структурные элементы выделены полужирным шрифтом. Остальные структурные элементы включают в записку по усмотрению исполнителя.

Витебский государственный технологический университет

4.3.2 Требования к содержанию структурных элементов записки

Титульный лист. Титульный лист является первой страницей записки и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа.

Содержание. Содержание включает введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы записки.

Обозначения и сокращения. Структурный элемент «Обозначения и сокращения» содержит перечень обозначений и сокращений, применяемых в данной пояснительной записке. Запись обозначений и сокращений проводят в порядке приведения их в тексте отчета с необходимой расшифровкой к пояснениями.

Введение, основная часть, заключение. Введение должно содержать сведения о планируемом уровне проекта, должны быть показаны актуальность темы. Основная часть содержит суть работы. Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполнения проекта.

Список использованных источников. Список должен содержать сведения об источниках, использованных при курсовом проектировании. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1.

Приложения. В приложения рекомендуется включать материалы, связанные с выполнением проекта которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть.

4.3.3. Правила оформления записки

Общие требования. Страницы текста записки и включенные в отчет иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327.

Пояснительная записка должна быть выполнена либо от руки, либо любым печатным способом на пишущей машинке или с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через 1,2 – 1,5 интервала (расстояние между строчками 7-9 мм). Цвет шрифта должен быть черным или синим, высота букв, цифр и других знаков – не менее 1,8 мм (кегль не менее 12).

Текст записки следует писать (печатать), соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм., левое – 30 мм.

Витебский государственный технологический университет

Разрешается использовать возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, применяя шрифты разной гарнитуры.

При выполнении пояснительной записки необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей записке. В записке должны быть четкие, нерасплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе написания записки, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью – рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы неполностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

Построение записки. Наименования структурных элементов записки «Список исполнителей», «Реферат», «Содержание», «Обозначения и сокращения», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников» служат заголовками структурных элементов записки.

Основную часть записки следует делить на разделы, подразделы и пункты согласно задания на курсовое проектирование. Пункты, при необходимости, могут делиться на подпункты. При делении текста записки на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

Разделы, подразделы, пункты и подпункты следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа либо по средине страницы, но единым образом во всей записке.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста, за исключением приложений.

Пример — 1, 2, 3 и т. д.

Номер подраздела или пункта включает номер раздела и порядковый номер подраздела или пункта, разделенные точкой.

Пример — 1.1, 1.2, 1.3 и т. д.

Номер подпункта включает номер раздела, подраздела, пункта и порядковый номер подпункта, разделенные точкой.

Пример — 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3 и т. д.

После номера раздела, подраздела, пункта и подпункта в тексте точку не ставят.

Если текст записки подразделяют только на пункты, их следует нумеровать, за исключением приложений, порядковыми номерами в пределах всей записки.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Витебский государственный технологический университет

Заголовки разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая.

Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Нумерация страниц расчетно-пояснительной записки. Страницы записки следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц записки. Номер страницы на титульном листе не проставляют. Лист задания не включается в общую нумерацию страниц записки.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц записки. Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

Нумерация разделов, подразделов, пунктов, подпунктов записки. Разделы записки должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Если записка не имеет подразделов, то нумерация пунктов должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится.

Пример

1 Предварительный этап

1.1 …

1.2 Методы контроля готовой детали

2 Синтетический этап

2.1 …

2.2 Синтез маршрута обработки детали

Если записка имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например: 4.2.1, 4.2.2 и т.д.

Если раздел состоит из одного подраздела, то подраздел не нумеруется. Если подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется. Наличие одного подраздела в разделе эквивалентно их фактическому отсутствию.

Если текст записки подразделяется только на пункты, то они нумеруются порядковыми номерами в пределах всего документа.

Витебский государственный технологический университет

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3 и т. д.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждым перечислением следует ставить дефис или, при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву (за исключением ё, з, о, г, ь, и, ы, ъ), после которой ставится скобка.

Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа.

Каждый структурный элемент записки следует начинать с нового листа (страницы).

Нумерация страниц записки и приложений, входящих в состав записки, должна быть сквозная.

Иллюстрации. Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в записке непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в записке.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации, помещаемые в записке, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом:

Рисунок 1 — Детали прибора.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Таблицы. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Витебский государственный технологический университет

При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицу следует располагать в записке непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

На все таблицы должны быть ссылки в записке. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью.

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае – боковик.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Витебский государственный технологический университет

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Примечания. Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы с абзаца и не подчеркивать.

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала. Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без проставления точки. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы или непосредственно после таблицы.

Формулы и уравнения. Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (х), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «Х».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы в отчете следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей записки арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Пример

$$\omega F_i = \sqrt{\sum \lambda^2 (T(C_i))^2 + (T(З_i))^2} \ . \qquad (1)$$

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (В.1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках. Пример: ... в формуле (1).

Витебский государственный технологический университет

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

Порядок изложения в записке математических уравнений такой же, как и формул.

Ссылки. В записке допускаются ссылки на стандарты, технические условия и другие документы при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документом.

Ссылаться следует на документ в целом или его разделы и приложения. Ссылки на подразделы, пункты, таблицы и иллюстрации не допускаются, за исключением подразделов, пунктов, таблиц и иллюстраций данного документа.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1.

Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках.

Титульный лист. Титульный лист содержит реквизиты:

– наименование организации в которой выполнялся проект;

– наименование структурного подразделения;

– название проекта;

– группа, фамилия имя, отчество студента;

– должность, ученая степень, ученое звание, фамилия имя, отчество руководителя;

– город и год выполнения проекта.

Пример оформления титульного листа приведен в приложении Я.

Список использованных источников. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте записки (или в алфавитном порядке) и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа.

4.4 Оформление графического материала

Графический материал курсового проекта включает не более 3-х листов, которыми могут быть:

– сборочный чертеж приспособления;

– эскизы операций;

– размерные схемы технологического процесса по трем осям.

Причем возможно задание двух приспособлений и одного листа операционных эскизов либо листа размерных схем.

Витебский государственный технологический университет

Графический материал выполняется карандашом на чертежной бумаге форматом 24 (А1) по ГОСТ 2.301-68. Каждый лист графического материала снабжается основной надписью по форме 1 ГОСТ 2.104-68, графы которой заполняются в соответствии с требованиями стандарта.

Чертежи выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-68, ГОСТ 2.107-68, ГОСТ 2.301-68, ГОСТ 2.301-68 и других стандартов ЕСКД.

Чертежи приспособлений должны отвечать требованиям ГОСТ 2.102-68 и ГОСТ 2.109-68, предъявляемым к документам технического проекта.

На чертежах общих видов помещается:

– изображение сборочных единиц и деталей, входящих в них;

– размеры и отклонения (посадки);

– номера позиции сборочных единиц и деталей;

– технические требования и указания, необходимые для обработки изделия в сборе и выполнения деталировки сборочных чертежей.

Количество изображений должно быть минимальным, но достаточным для понимания принципа работы, состава приспособления и формы входящих в него деталей.

В случае, когда на данной проекции затруднено изображение детали или группы деталей, следует выносить их как подробность (местный вид, разрез) рядом с проекцией.

На чертежах приспособлений необходимо проставлять:

– габаритные размеры;

– сопрягаемые размеры деталей с указанием посадок;

– принципиально важные для работы размеры, в том числе получаемые обработкой в сборе с допускаемыми отклонениями формы и взаимного расположения.

Все составные части приспособления нумеруются и под этими же номерами указываются в спецификации. Технические требования включают:

– указания по сборке, регулировке и контролю;

– допустимые погрешности взаимного расположения, определяемые служебным назначением приспособления.

Технические требования должны быть сформулированы кратко и так, чтобы исключить их неоднозначное толкование. Форма изложения и порядок их расположения должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.316-68 ЕСКД.

При выполнении чертежей эскизов операций лист формата А1, снабженный одной основной надписью по форме 1 ГОСТ 2.104-68, делится на четыре части, каждая из которых снабжается угловой таблицей (приложение Я).

Чертежи эскизов операций должны содержать:

Витебский ГБОУ Государственный технологический университет

– упрощенное изображение заготовки в рабочем положении с указанием жирными линиями обрабатываемых на данной операции поверхностей;

– изображение установочных и зажимных элементов приспособления;

– упрощенное изображение инструмента (или наладки) в положении, соответствующем концу обработки, с указанием направления главного движения и движения подачи;

– номер и наименование операции;

– выполняемые размеры и допуски на них, шероховатость и другие технические требования к поверхностям, которые обрабатываются в данной операции;

– угловую таблицу параметров режима обработки (рисунки 4.10-4.11).

Наименование и модель станка	V м/мин	n об/мин	t мм	$S_о$ мм/об	$S_м$ мм/мин	$T_о$ мин	$T_{шт-к}$ мин

Рисунок 4.10 – Пример оформления угловой таблички чертежей эскизов операций одноинструментной обработки

Наименование и модель станка	№ ин-та	V м/мин	n об/мин	t мм	$S_о$ мм/об	$S_м$ мм/мин	$T_о$ мин	$T_{шт-к}$ мин

Рисунок 4.11 – Пример оформления угловой таблички чертежей эскизов операций многоинструментной обработки

Изображение изделия на операционных эскизах допускается вычерчивать в произвольном масштабе. Пример иллюстрации на эскизе операции приведен на рисунке 4.12.

Расположение структурных элементов на листах размерных схем и эскизов операций приведено в приложении Я.

Витебский государственный технологический университет

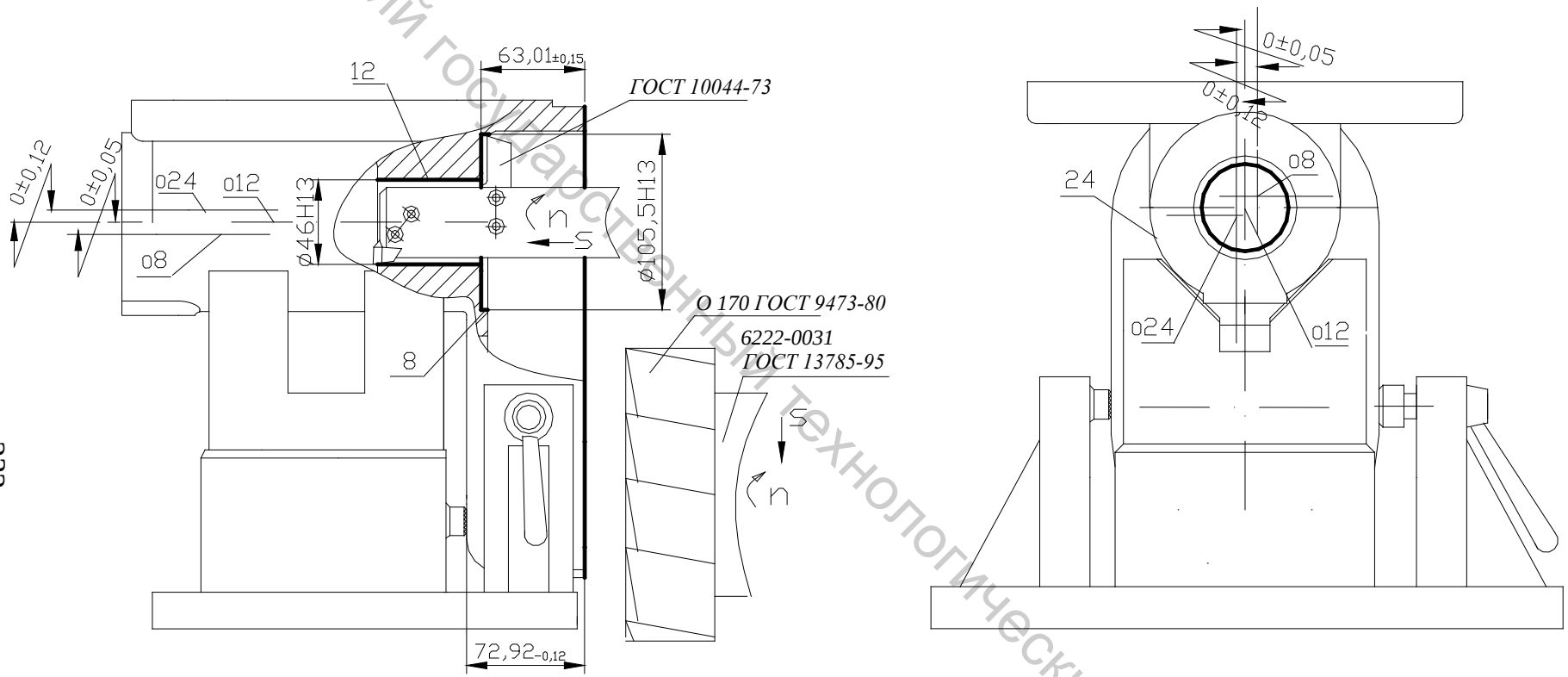


Рисунок 4.12 – Пример оформления эскиза операции

Витебский государственный технологический университет

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора- машиностроителя. В 2-х ч. Ч. I / В. И. Анурьев. – Москва : Машиностроение, 1980. – 728 с.
2. Анурьев, В. И. Справочник конструктора- машиностроителя. В 2-х ч. Ч. II / В. И. Анурьев. – Москва : Машиностроение, 1980. – 559 с.
3. Балабанов, А. Н. Технологичность конструкций машин / А. Н. Балабанов. – Москва : Машиностроение, 1987. – 336 с
4. Балакшин, Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – Москва : Машиностроение, 1966. – 556 с.
5. Бергман, А. Г. Инструменты и оснастка для работы на поперечно-строгальных станках / А. Г. Бергман. – Москва : Машиностроение, 1971. – 250 с.
6. Богданов, А. В. Расточное дело / А. В. Богданов. – Москва : Машгиз, 1960. – 232 с.
7. Брук, С. И. Технологические размерные расчеты / С. И. Брук, Б. И. Лившиц, В. Н. Гостев. – Ленинград : Машиностроение, 1946. – 181 с.
8. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов.– 4-е изд., перераб. и доп. / А. Ф. Горбацевич.– Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
9. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений: Учеб. Пособие / В. А. Горохов. – Минск : Вышэйшая школа, 1986. – 238 с.
10. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник / А. К. Горошкин. – Москва : Машиностроение, 1976. – 301 с.
11. Гусев, А. А. Технология машиностроения (специальная часть) : Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Гусев [и др.] – Москва : Машиностроение, 1986. – 480 с.
12. Воробьев, Л. Н. Технология машиностроения и ремонт машин: Учебник для вузов / Л. Н. Воробьев. – Москва : Высшая школа, 1981. – 344 с.
13. Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под общ. ред. В. В. Бабука. – Минск : Вышэйшая школа, 1979. – 464 с.
14. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. Ч. I. – 6-е изд., перераб. и доп. / В. Д. Мягков [и др.]. – Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1982. – 543 с.
15. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. Ч. II, 6-е изд., перераб. и доп. / В. Д. Мягков [и др.]. – Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1982. – 448 с.
16. Дунаев, П. Ф. Размерные цепи / П. Ф. Дунаев Москва : Машгиз, 1963. – 308 с.

Витебский государственный технологический университет

17. Иващенко, И. А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации / И. А. Иващенко. – Москва : Машиностроение, 1975. – 222 с.
18. Картавов, С. А. Технология машиностроения (специальная часть) / С. А. Картавов. – Киев : Издательское объединение «Вища школа», 1974. – 272 с.
19. Клименков, С. С. Проектирование и производство заготовок : Учебник для вузов / С. С. Клименков. – Витебск : УО «ВГТУ», 2004. – 385 с.
20. Кован, В. М. Расчет припусков на обработку в машиностроении / В. М. Кован. – Москва : Машгиз, 1959. – 208 с.
21. Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: Учеб. для машиностроит. спец. вузов / И. М. Колесов. – Москва : Высшая школа, 1999. – 591 с.
22. Контрольно- измерительные приборы и инструменты: учебник для нач. проф. образования / С.А. Зайцев [и др.]. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 464 с.
23. Копылов, Р.Б. Работа на строгальных и долбежных станках / Р.Б. Копылов.– Л.: Лениздат, 1975.– 392 с.
24. Краткий справочник металлиста / Под общ. ред. П. М. Орлова, Е. А. Скороходова.– 3-е изд. перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1987. – 960 с.
25. Крюк, В. А. Книга молодого строгальщика / В. А. Крюк. – Минск : Беларусь, 1973.– 223 с.
26. Крюк, В. А. Справочник строгальщика / В. А. Крюк, В. Л. Радьков. – Минск : Беларусь, 1966. – 296 с.
27. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. Н. Ковшов. – Москва : Машиностроение, 1987. – 320 с.
28. Комлев, А. П. Справочник молодого фрезеровщика / А. П. Комлев.– Минск : Вышэйшая школа, 1981. –288 с.
29. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений: Учеб. для вузов.– 2-е изд., перераб. и доп. / В. С. Корсаков. – Москва : Машиностроение, 1983. – 277 с.
30. Лоскутов, В. В. Сверлильные и расточные станки / В. В. Лоскутов. – Москва : Машиностроение, 1981. – 151с.
31. Маталин, А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1985. – 464 с.
32. Маталин, А. А Технология механической обработки / А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1977. – 464 с.
33. Матвеев, В. В. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении / В. В. Матвеев, Ф. И. Бойков, Ю. Н. Свиридов. – Челябинск : Юж.-Урал. кн. изд-во, 1979.– 112 с.

Витебский государственный технологический университет

34. Махаринский, Е. И. Методика синтеза индивидуальных технологических процессов изготовления корпусных деталей машин / Е. И. Махаринский, Н. В. Беляков // Вестник машиностроения , № 2, 2005. С. 57-65.

35. Махаринский, Е. И. О теории базирования при механической обработке / Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский, Н. В. Беляков // СТИН, 2005, № 4. С. 29 - 32.

36. Махаринский Е. И. Основы теории проектирования технических систем: Учеб. пособие для студентов вузов / Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский, В. И. Ольшанский. – Витебск: Издательство ВГТУ, 1998. – 236 с.

37. Махаринский, Е. И.Основы технологии машиностроения : учебник / Е. И. Махаринский, В. А. Горохов. – Минск : Вышэйшая школа, 1997. – 423 с.

38. Медведев, А. И. Сборник практических работ по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. И. Медведев [и др.] ; под ред. И. П. Филонова. – Минск : БНТУ, 2003. – 486 с.

39. Методические рекомендации. МР 43-82 Цепи размерные. Расчет технологических размерных цепей / В. В. Матвеев [и др.].– Москва : Госстандарт, ВНИИНМАШ, 1982. – 225 с.

40. Мордвинов, Б. С.Расчет технологических размеров и допусков при проектировании технологических процессов механической обработки / Б. С. Мордвинов, Е. С. Огурцов. – Омск : Изд-во ОмПИ, 1975. – 160 с.

41. Ничков, А. Г. Фрезерные станки / А. Г. Ничков. – 2-е изд. перераб и доп. – Москва : Машиностроение, 1984. – 160 с.

42. Обработка деталей машин на расточных станках / Под ред. А. Н. Оглоблина. – Москва : Машгиз, 1958. – 340 с.

43. Похоровский, А. Д. Наладка и эксплуатация координатно-расточных станков / А. Д. Похоровский. – Москва : Машиностроение, 1978. – 51 с.

44. Проектирование технологии: Учебн. для вузов / И. М. Баранчукова [и др.] ; под ред. Ю. Б. Соломенцева. – Москва : Машиностроение, 1990. – 416 с.

45. Проектирование технологии: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / И. М. Баранчукова [и др.] ; под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва : Машиностроение, 1990. – 461 с.

46. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие для вузов / И. П. Филонов [и др.] – Минск : УП «Технопринт», 2003. – 910 с.

47. Размерный анализ технологических процессов обработки / И. Г. Фридлендер, В. А. Иванов, М. Ф. Барсуков и В. А. Слуцкер ; под общ. ред. И. Г. Фридлендера. – Ленинград : Машиностроение. Ленинградское

Витебский государственный технологический университет

отд-ние, 1987. – 141 с.
48. Режимы резания металлов : Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. – Москва : Машиностроение, 1972. – 408 с.
49. Солонин, С. И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / С. И. Солонин, И. С. Солонин Москва : Машиностроение, 1980. – 110 с.
50. Справочник по производственному контролю в машиностроении. Издание третье, перераб. и доп. Под ред. А. К. Кутая. – Ленинград : Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1974. – 976 с.
51. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. I / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – 656 с.
52. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. II / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп.– Москва : Машиностроение, 1986. – 496 с.
53. Станочные приспособления: Справочник: В 2-т. Т.1 / Ред. совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др.– М.: Машиностроение, 1984.– 592 с.
54. Станочные приспособления: Справочник: В 2-т. Т.2 / Ред. совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] – Москва : Машиностроение, 1984. – 656 с.
55. Старостин, В. Г. Формализация проектирования процессов обработки резанием / В. Г. Старостин, В. Е. Лелюхин. – Москва : Машиностроение, 1986. – 136 с.
56. Стрелец, А. А., Фирсов В.А. Размерные расчеты в задачах оптимизации конструкторско-технологических решений / А. А. Стрелец, В. А. Фирсов.– Москва : Машиностроение, 1988. – 120 с.
57. Технологическая оснастка : Учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / М. Ф. Пашкевич [и др.] .– Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.
58. Технологические основы гибких производственных систем: учеб. для машиностроит. спец. вузов / В. А. Медведев [и др.] ; под ред. Ю. М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – Москва : Высшая школа, 2000. – 255 с.
59. Технологичность конструкций / Под ред. С. Л. Ананьева, В. П. Купровича .– Москва : Машиностроение, 1969. – 424 с.
60. Технология машиностроения. В 2 кн. Кн.1 Основы технологии машиностроения: Учеб. пособ. для вузов / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. – Москва : Высшая школа, 2003. – 278 с.
61. Технология машиностроения: В 2т. : Учеб. для вузов. Т. 1 : Основы технологии машиностроения / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. А. М. Дальского. – Москва : Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 1997. – 564 с.
62. Фещенко, В. Н., Махмутов Р. Х. Токарная обработка / В. Н. Фещенко, Р. Х. Махмутов. – Москва : Высшая школа, 1996. – 250 с.

Витебский государственный технологический университет

63. Холмогорцев, Ю. П. Оптимизация процессов обработки отверстий / Ю. П. Холмогорцев. – Москва : Машиностроение, 1984. – 184 с.
64. Цветков, В. Д. Система автоматизированного проектирования технологических процессов / В. Д. Цветков. – Москва : Машиностроение, 1972. – 240 с.
65. Шлифование металлов / Под. ред. Л. М. Кожуро. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 352 с.
66. ГОСТ 3.1001-2011. – ЕСТД. Общие положения.
67. ГОСТ 3.1102-2011. – ЕСТД. Стадии разработки и виды документов.
68. ГОСТ 3.1103-2011. – ЕСТД. Основные надписи.
69. ГОСТ 3.1104-81. – ЕСТД. Общие требования к формам, бланкам и документам.
70. ГОСТ 3.1105-2011. – ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения.
71. ГОСТ 3.1107-81. – ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.
72. ГОСТ 3.1109-82. – ЕСТД. Термины и определения основных понятий.
73. ГОСТ 3.1116-2011. – ЕСТД. Нормоконтроль.
74. ГОСТ 3.1118-82. – ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт.
75. ГОСТ 3.1119-83. – ЕСТД. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы.
76. ГОСТ 3.1120-83. – ЕСТД. Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации.
77. ГОСТ 3.1121-84. – ЕСТД. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции).
78. ГОСТ 3.1122-84. – ЕСТД. Формы и правила оформления документов специального назначения. Ведомости технологические.
79. ГОСТ 3.1123-84. – ЕСТД. Формы и правила оформления технологических документов, применяемых при нормировании расхода материалов.
80. ГОСТ 3.1125-88. – ЕСТД. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок.
81. ГОСТ 3.1126-88. – ЕСТД. Правила выполнения графических документов на поковки.
82. ГОСТ 3.1127-93. – ЕСТД. Общие правила выполнения текстовых технологических документов.
83. ГОСТ 3.1128-93. – ЕСТД. Общие правила выполнения графических технологических документов.

Витебский государственный технологический университет

84. ГОСТ 3.1129-93. – ЕСТД. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.
85. ГОСТ 3.1130-93. – ЕСТД. Общие требования к формам и бланкам документов.
86. ГОСТ 3.1201-85. – ЕСТД. Система обозначения технологической документации.
87. ГОСТ 3.1401-85. – ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы литья.
88. ГОСТ 3.1402-84. – ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы раскроя материалов.
89. ГОСТ 3.1403-85. – ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции ковки и штамповки.
90. ГОСТ 3.1404-86. – ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
91. ГОСТ 3.1405-86. – ЕСТД. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы термической обработки.
92. ГОСТ 3.1407-86. – ЕСТД. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки.
93. ГОСТ 3.1408-85. – ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы получения покрытий.
94. ГОСТ 3.1409-86. – ЕСТД. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции) изготовления изделий из пластмасс и резины.
95. ГОСТ 3.1412-87. – ЕСТД. Требования к оформлению документов на технологические процессы изготовления изделий методом порошковой металлургии.
96. ГОСТ 3.1428-91. – ЕСТД. Правила оформления документов на технологические процессы (операции) изготовления печатных плат.
97. ГОСТ 3.1502-85. – ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технический контроль.
98. ГОСТ 3.1507-84. – ЕСТД. Правила оформления документов на испытания.
99. ГОСТ 3.1603-91. – ЕСТД. Правила оформления документов на технологические процессы (операции) сбора и сдачи технологических отходов.
100. ГОСТ 3.1701-79. – ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Холодная штамповка.
101. ГОСТ 3.1702-79. – ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием
102. ГОСТ 3.1703-79. – ЕСТД. Правила записи операций и переходов.

Витебский государственный технологический университет

Слесарные, слесарно-сборочные работы.
103. ГОСТ 3.1704-81. – ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Пайка и лужение.

Витебский государственный технологический университет

Приложение А
Иллюстрированный классификатор некоторых элементарных типовых компонентов деталей

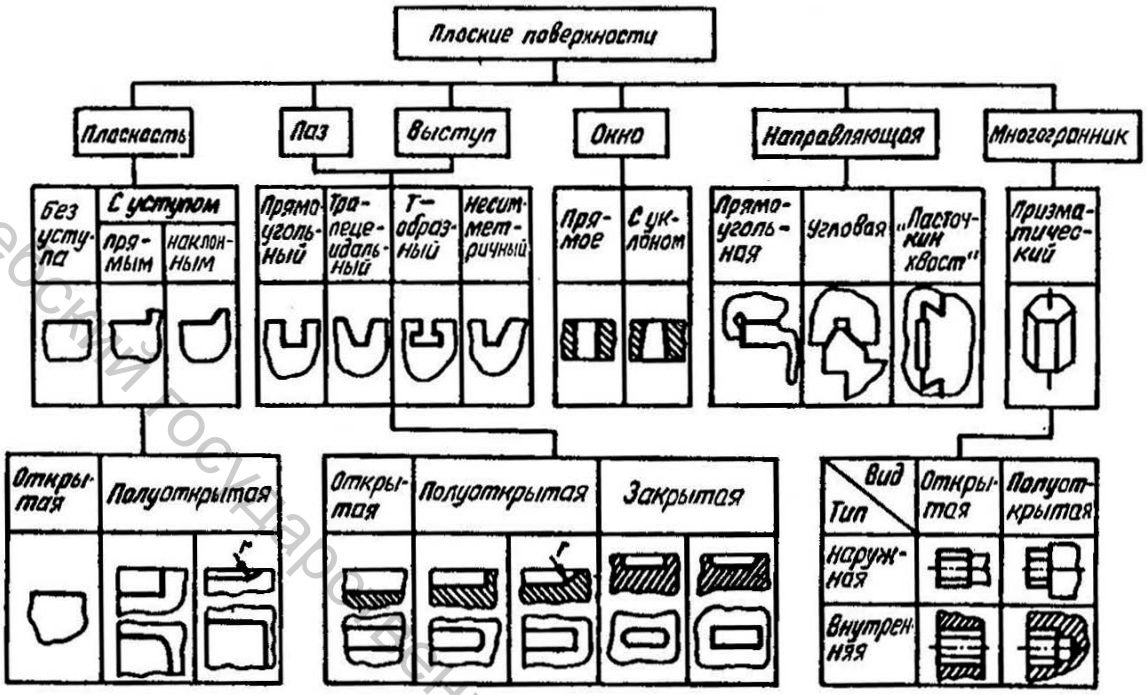


Рисунок А.1 – Классификационная таблица плоских поверхностей

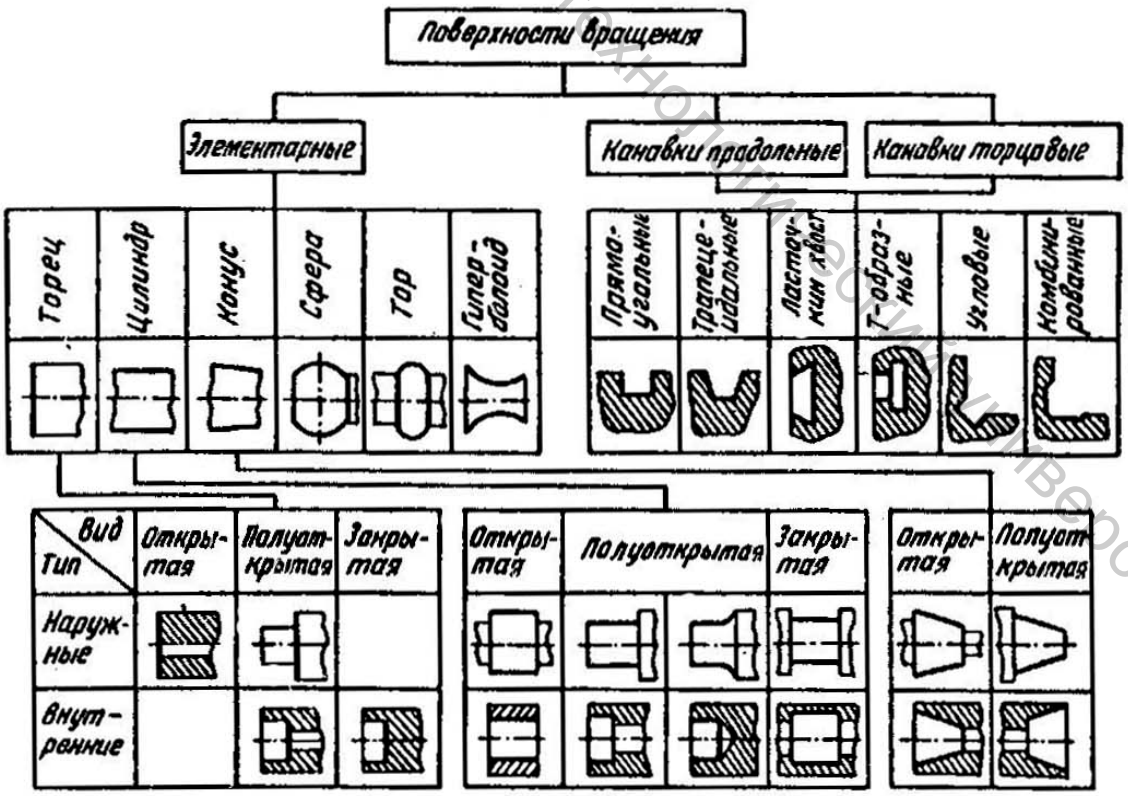


Рисунок А.2 – Классификационная таблица поверхностей вращения

Витебский государственный технологический университет

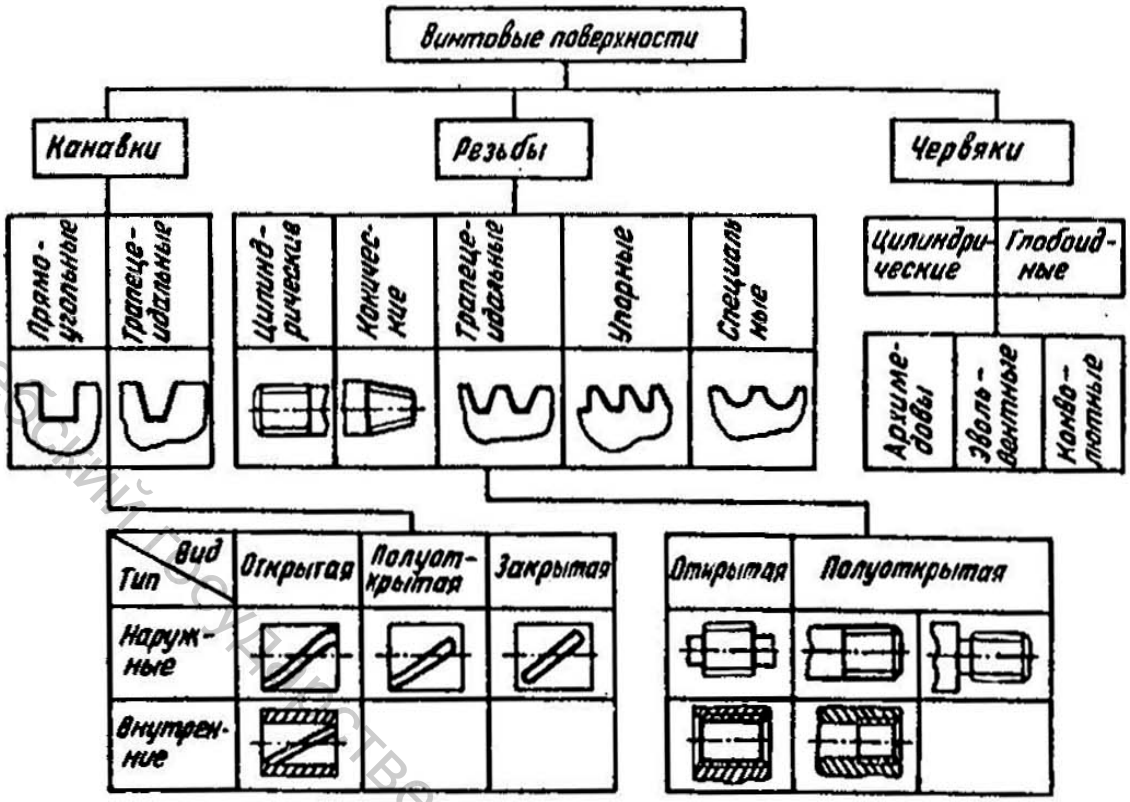


Рисунок А.3 – Классификационная таблица винтовых поверхностей

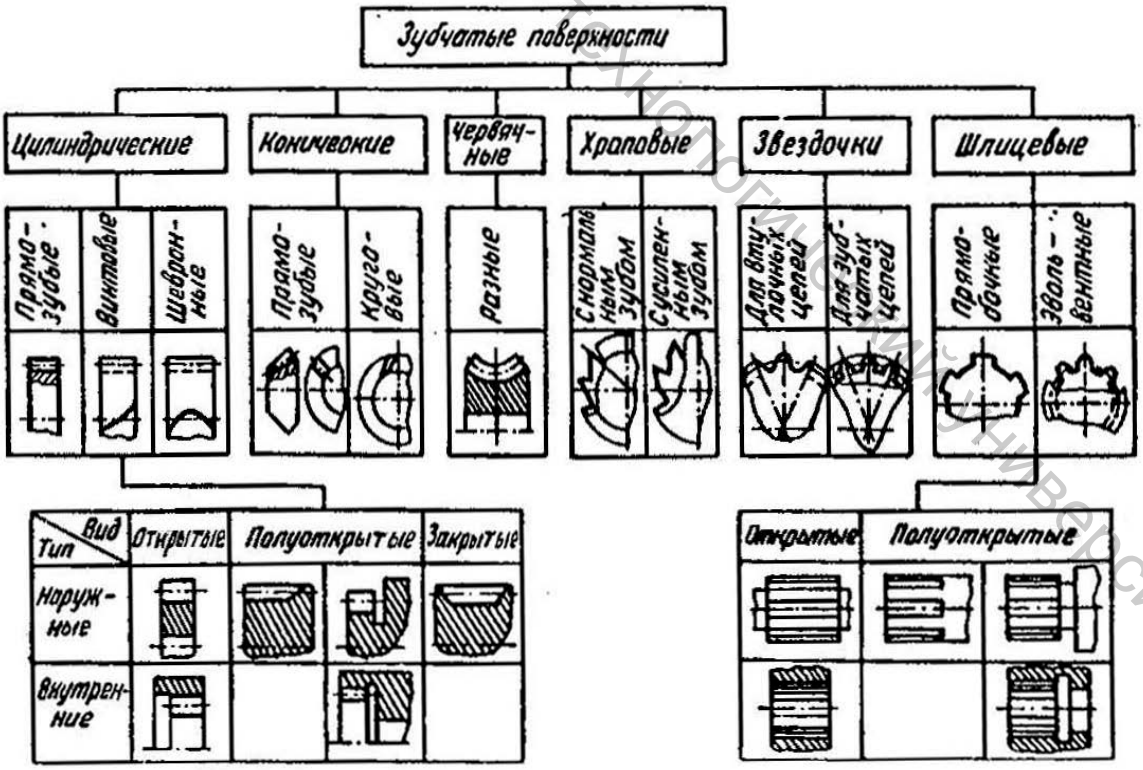


Рисунок А.4 – Классификационная таблица зубчатых поверхностей

Витебский государственный технологический университет

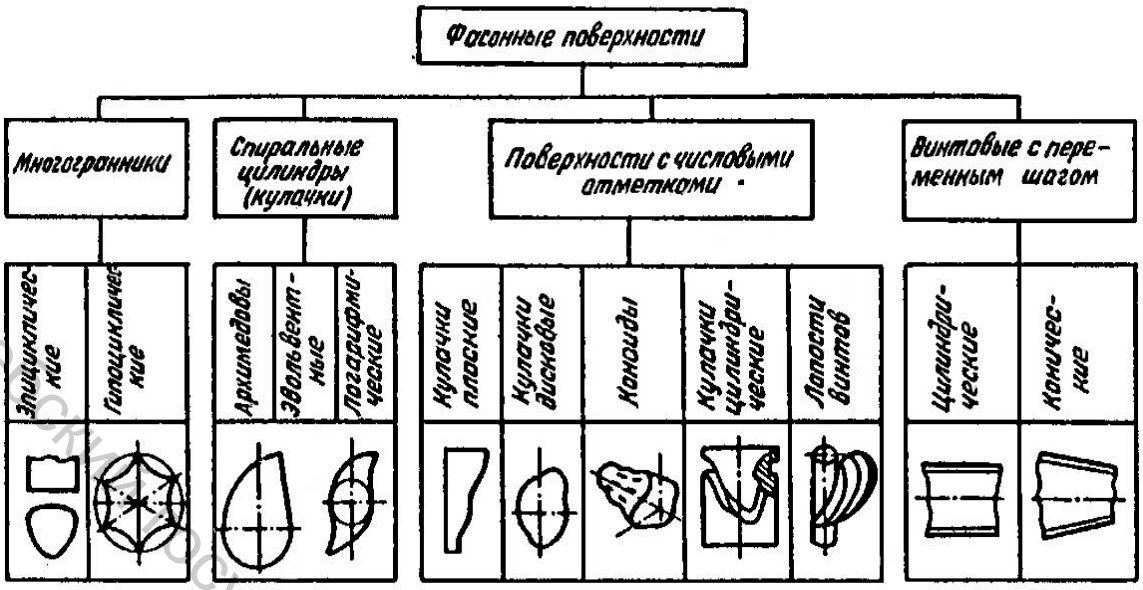
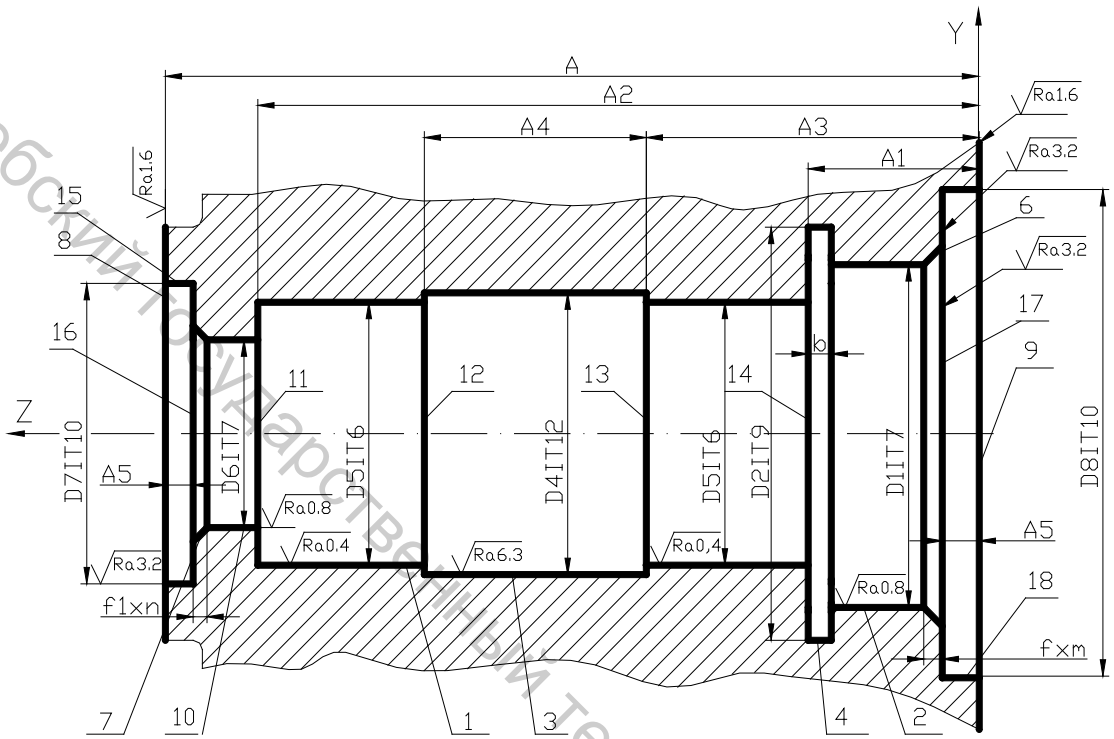


Рисунок А.5 – Классификационная таблица фасонных поверхностей

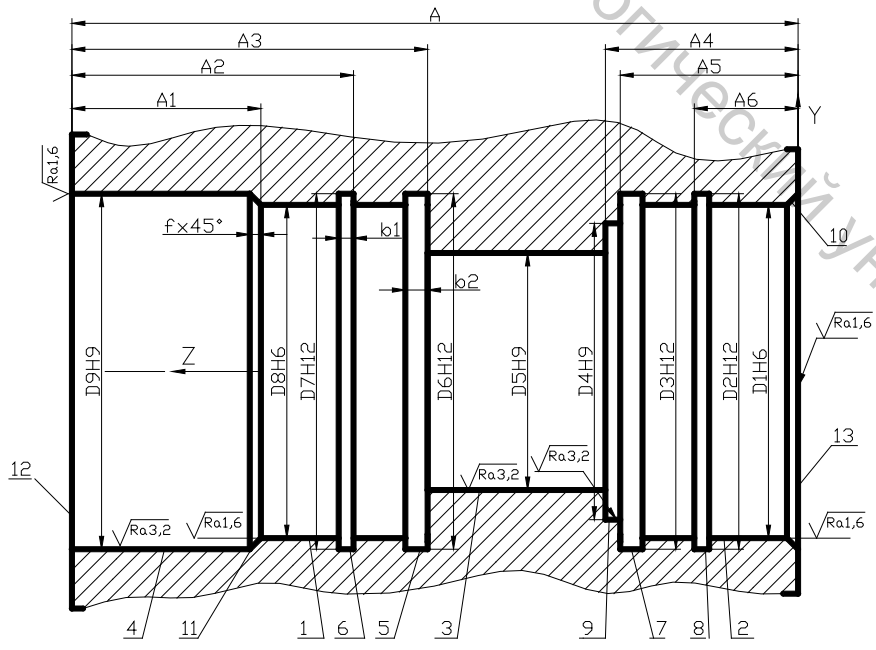
Витебский государственный технологический университет

Приложение Б
Элементы классификатора комплексных функциональных модулей корпусных деталей машин по служебному назначению

Таблица Б.1 – ФМ образующие основные и вспомогательные сборочные базы



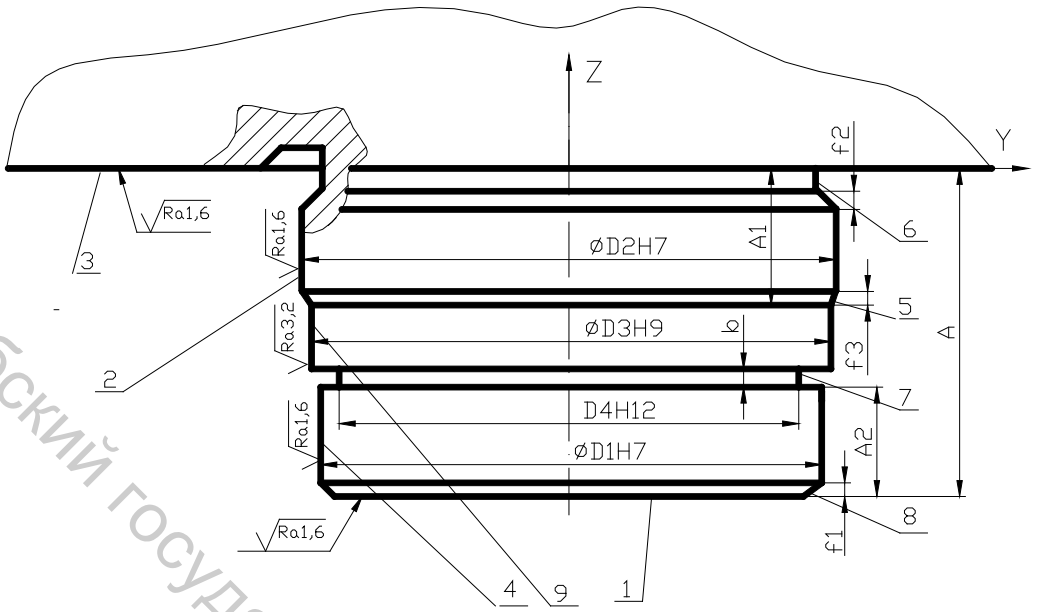
ОВБ1



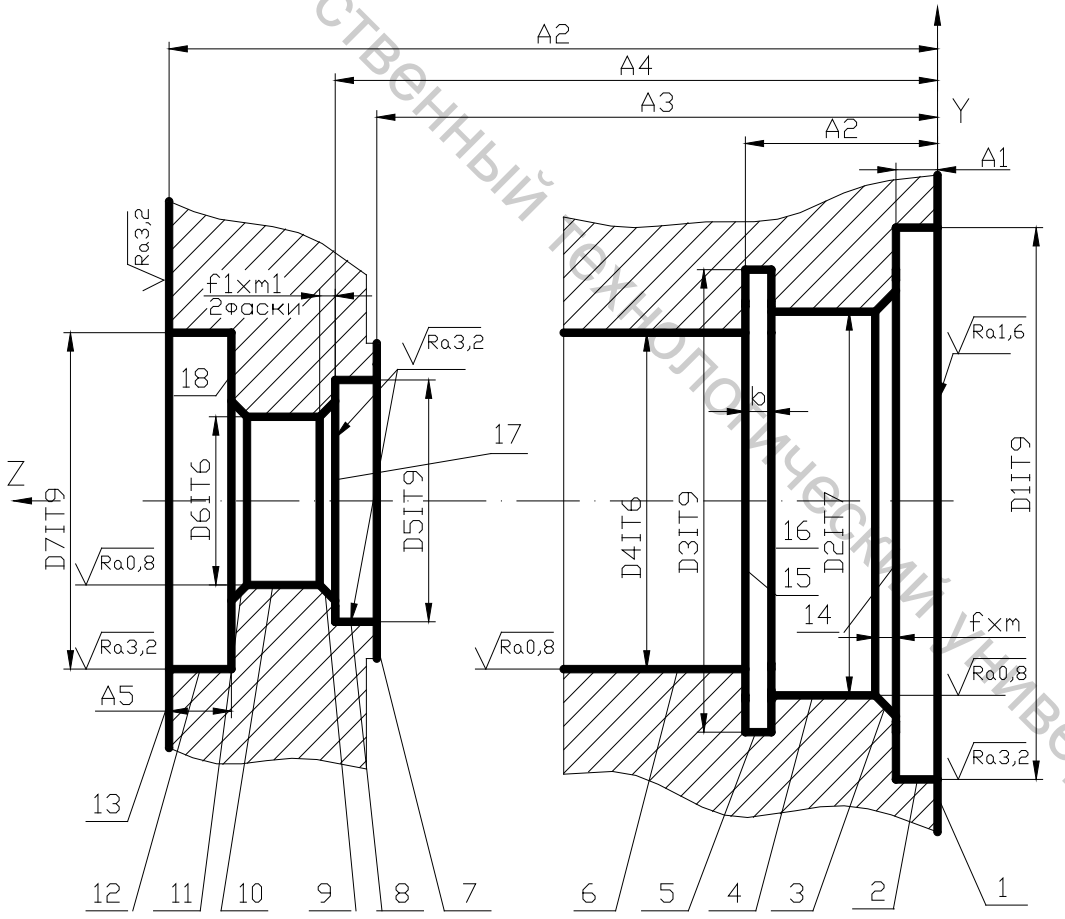
ОВБ2

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Б.1



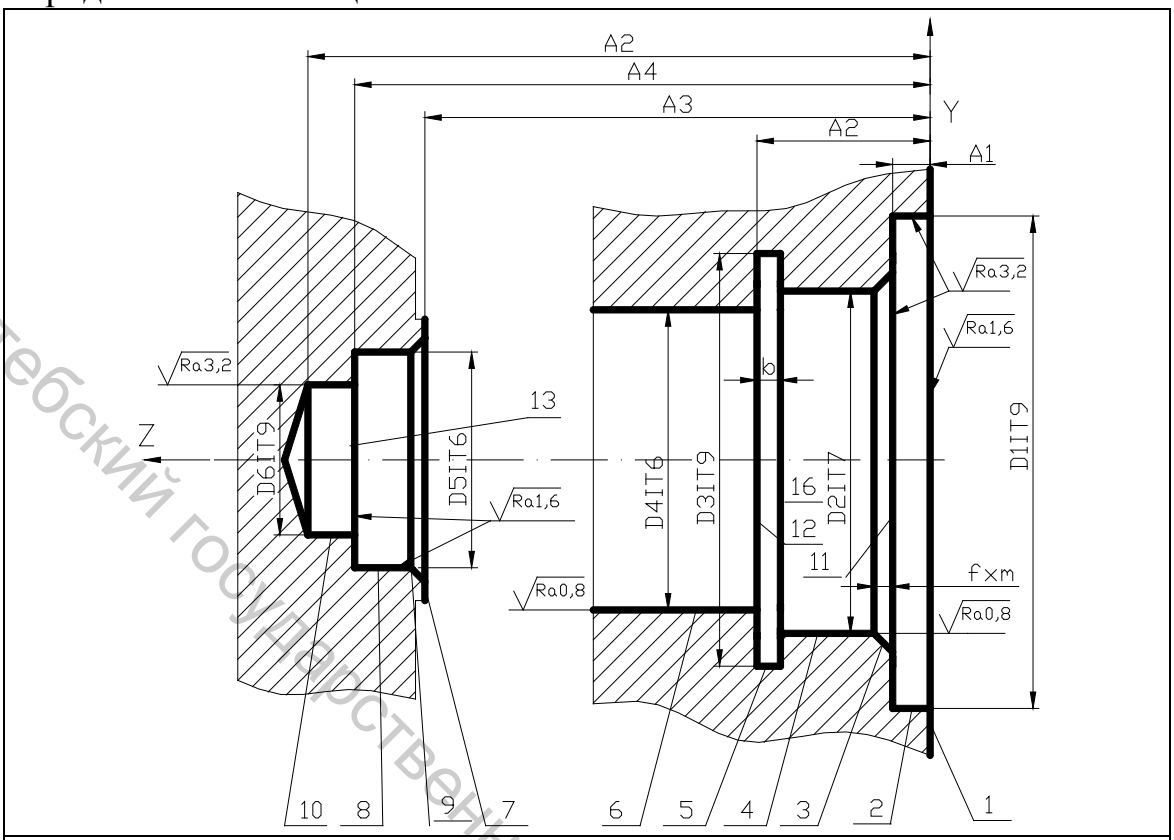
ОВБ3



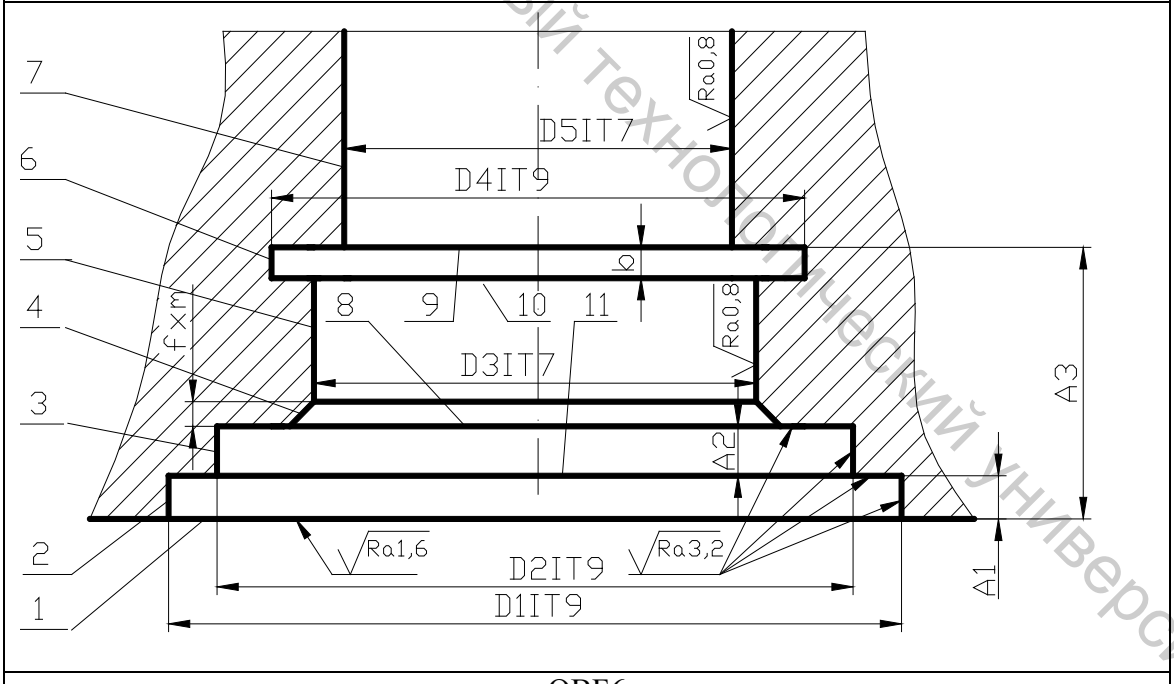
ОВБ4

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Б.1



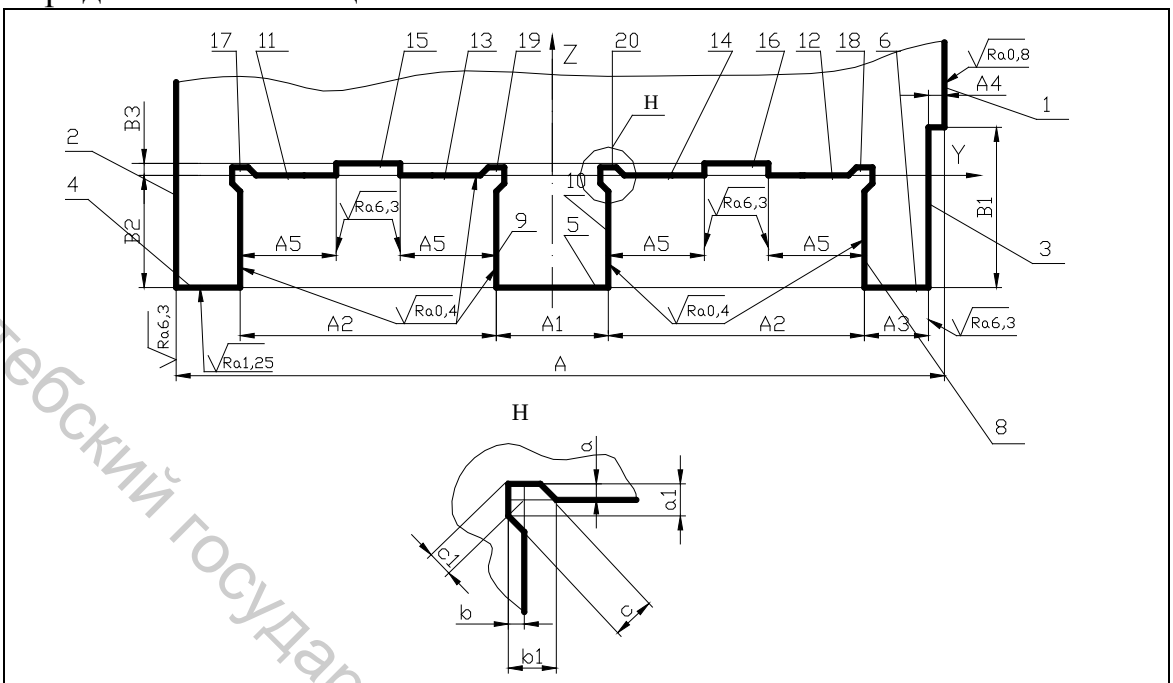
ОВБ5



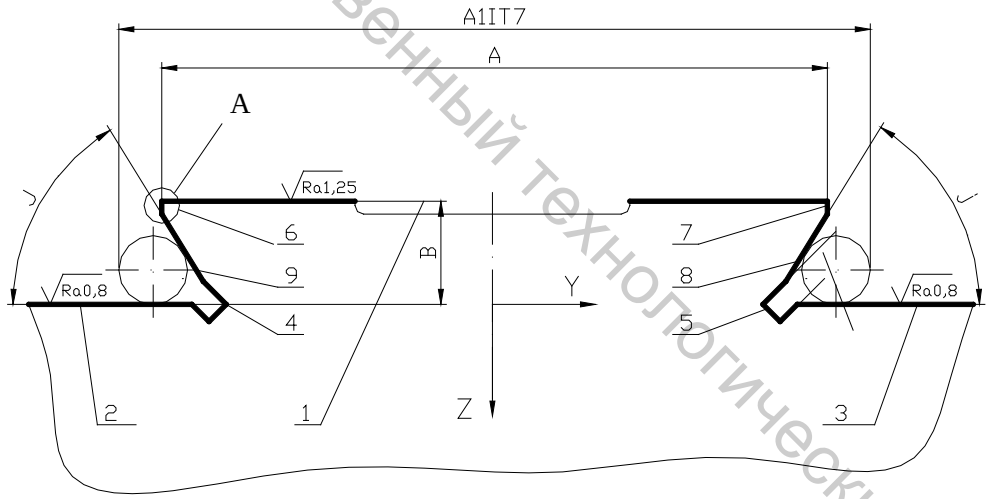
ОВБ6

Витебский государственный технологический университет

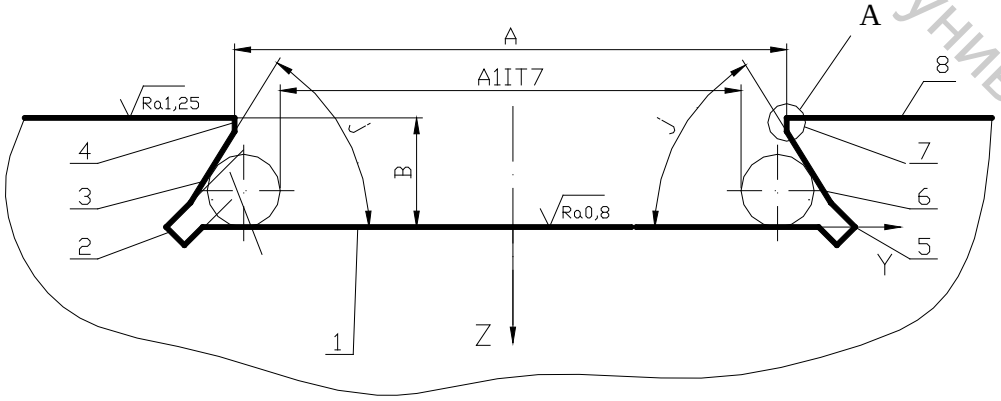
Продолжение таблицы Б.1



ОВБ7



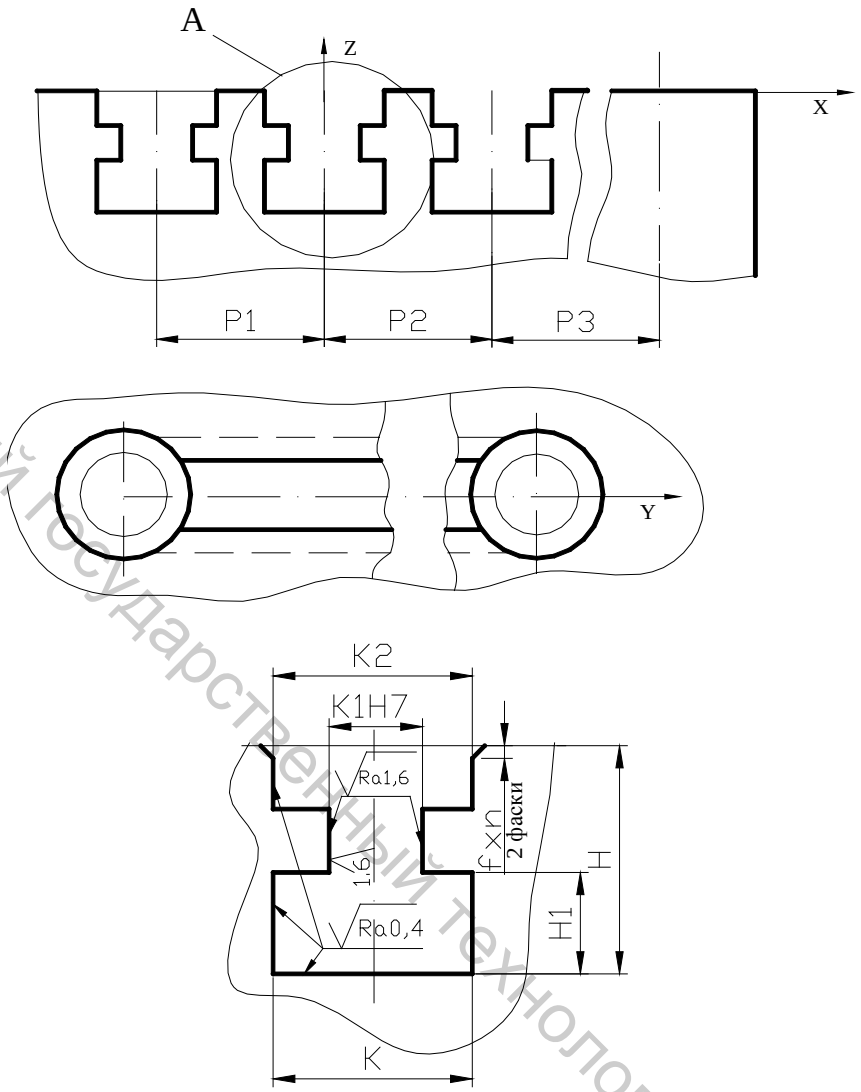
ОВБ8



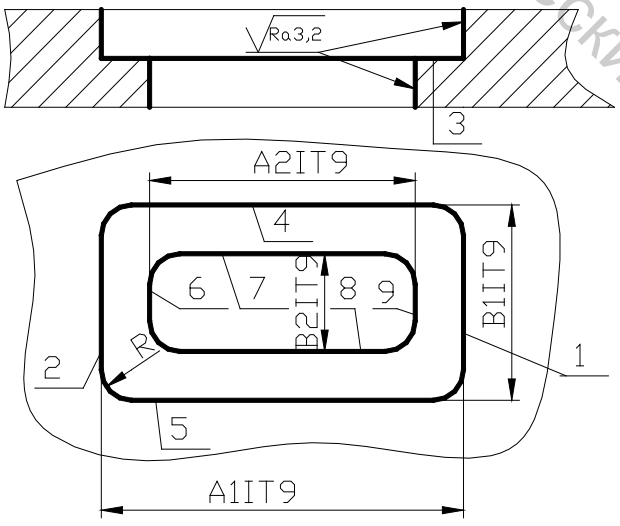
ОВБ9

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Б.1



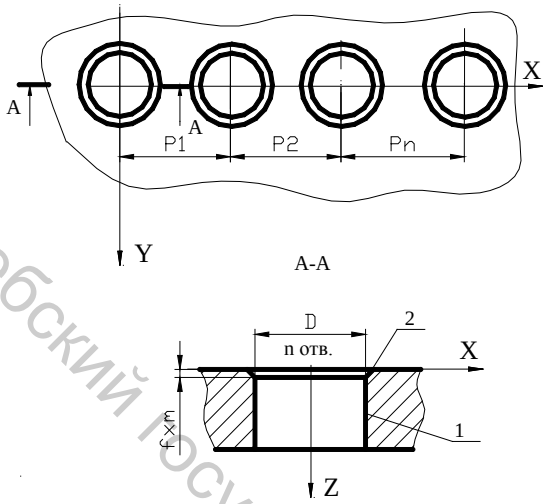
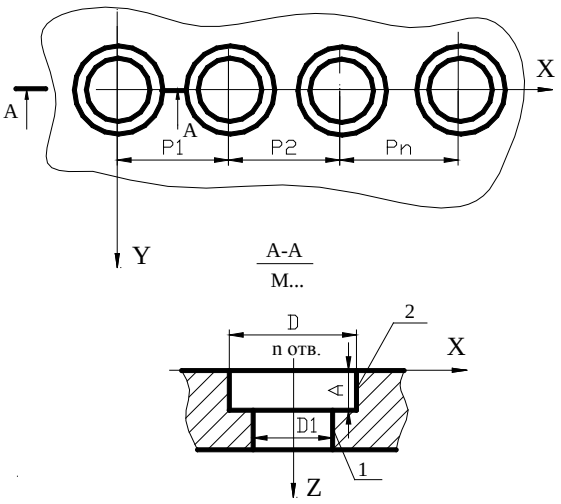
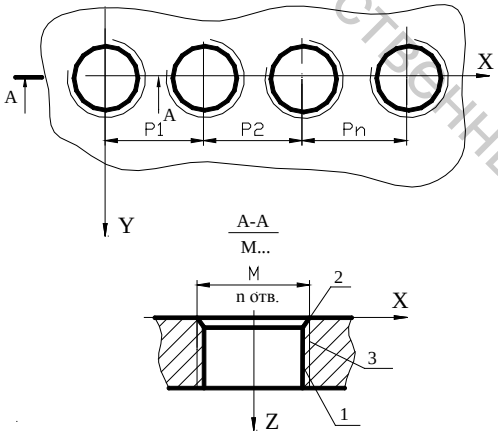
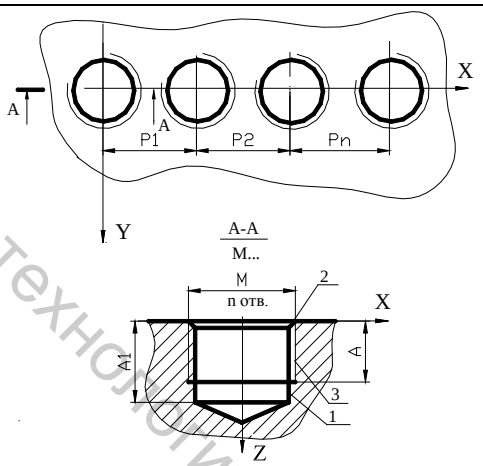
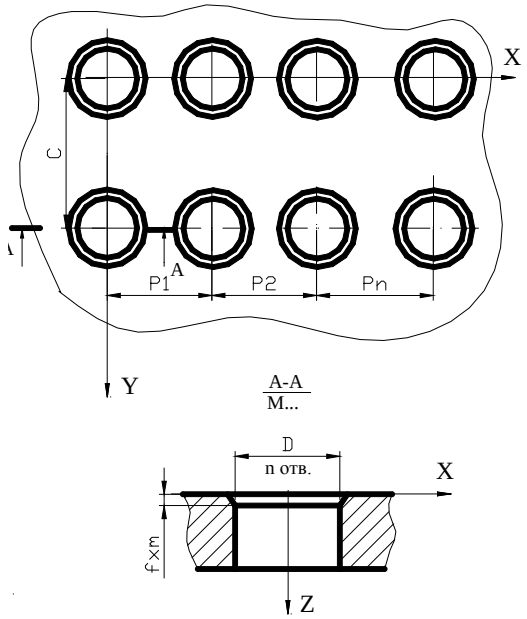
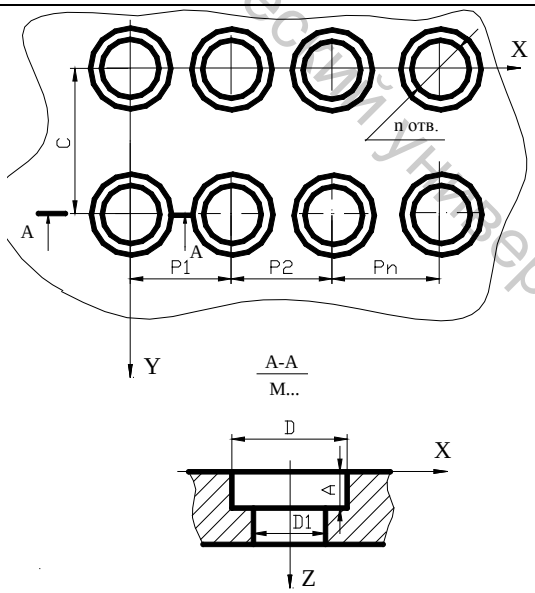
ОВБ10



ОВБ11

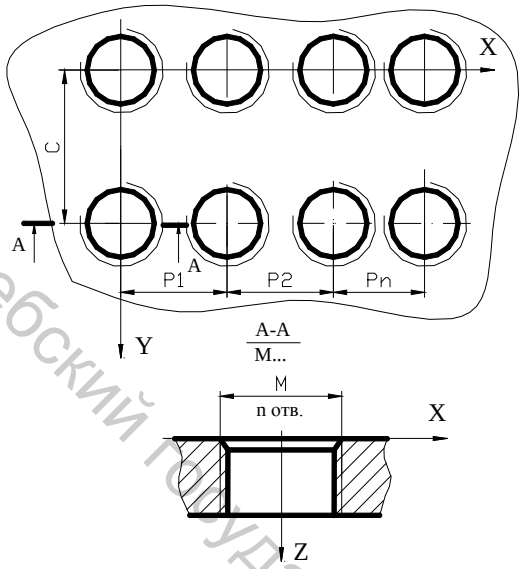
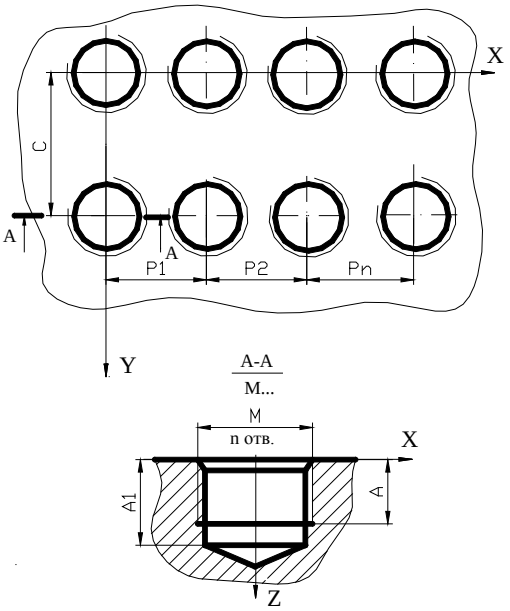
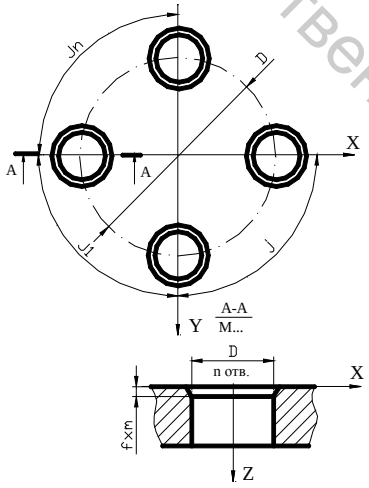
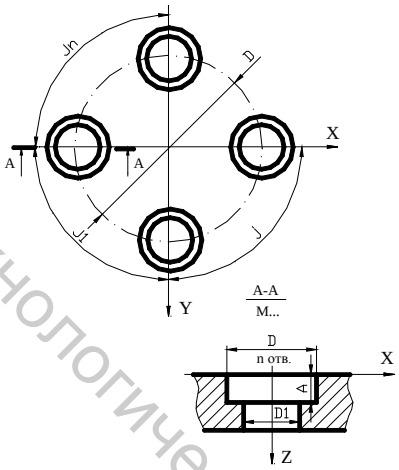
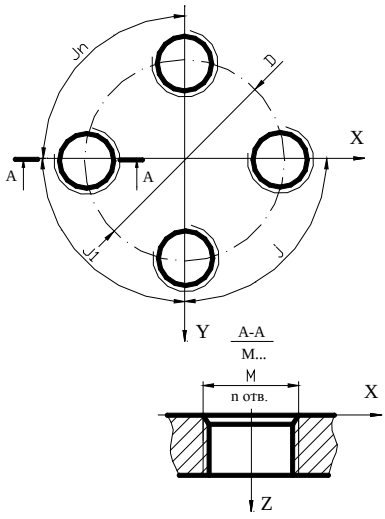
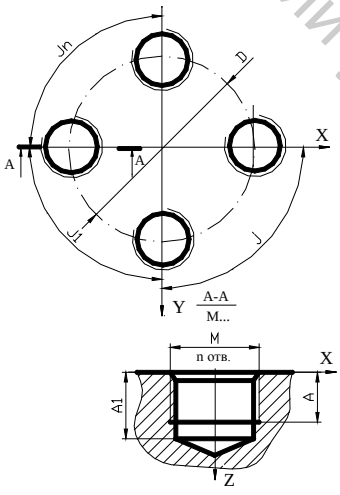
Витебский государственный технологический университет

Таблица Б.2 – Элементы иллюстрированного классификатора форм крепежных ФМ и ФМ- коммуникаций корпусных деталей машин

КР01	КР02
	
КР03	**КР04**
	
КР05	**КР06**
	

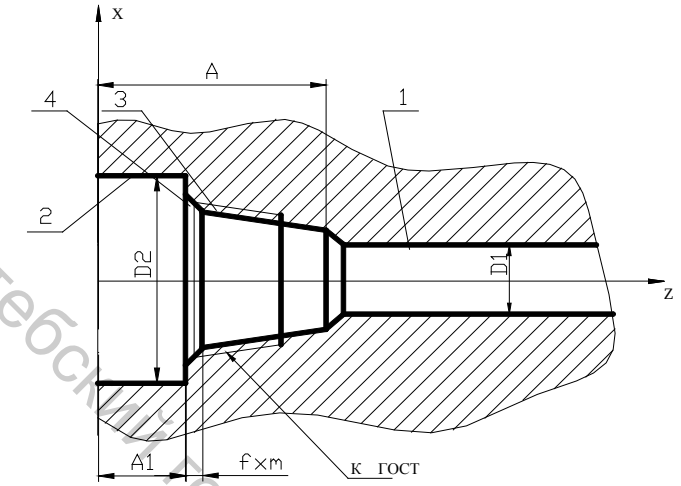
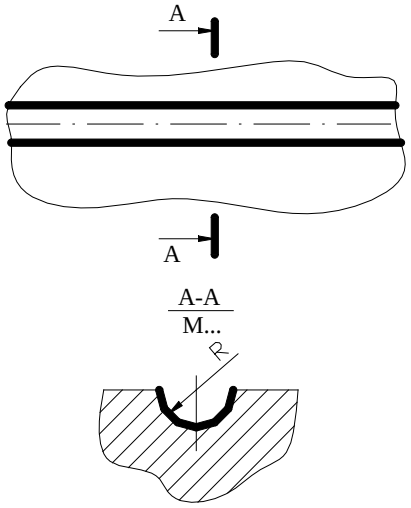
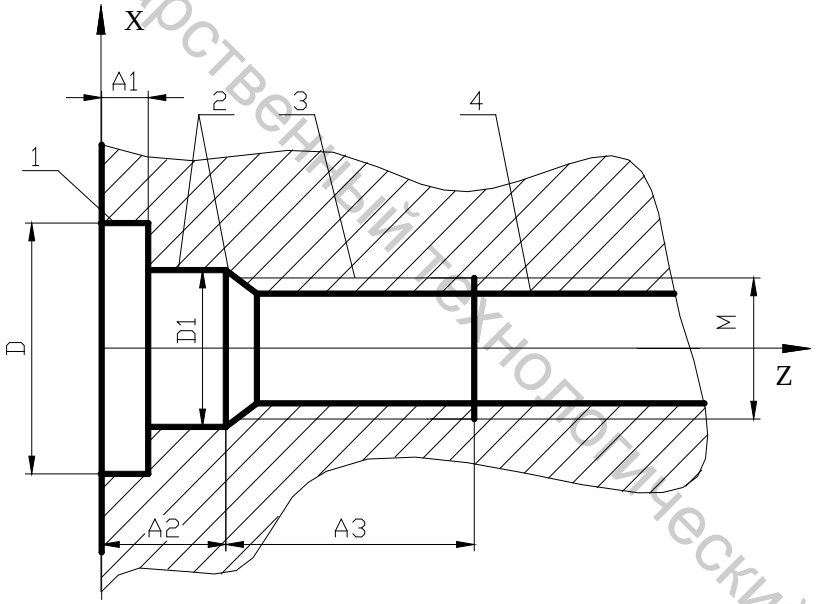
Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Б.2

КР06	КР07
	
КР08	**КР09**
	
КР10	**КР11**
	

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Б.2

КМ1	КМ2
	
КМ3	
	

Витебский государственный технологический университет

Приложение В
Допуски для размеров до 10 000 мм

Таблица В.1 – Допуски для размеров до 10 000 мм

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Обозначения допусков									
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
	Допуски, мкм									
До 3	0,3	0,5	0.8	1,2	2	3	4	6	10	14
Св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	I3	18
Св. 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
Св. 10 до 18	0,5	0,8	1.2	2	3	5	8	11	18	27
Св. 18 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
Св. 30 до 50	0,6	1	1.5	2,5	4	7	11	16	25	39
Св. 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
Св. 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
Св. 120 до 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
Св. 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
Св. 250 до 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
Св. 315 до 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
Св. 400 до 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
Св. 500 до 630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110
Св. 630 до 800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125
Св. 800 до 1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140
Св. 1000 до 1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165
Св. 1250 до 1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195
Св. 1600 до 2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230
Св. 2000 до 2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280
Св. 2500 до 3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330
Св. 3150 до 4000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410
Св. 4000 до 5000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500
Св. 5000 до 6300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620
Св. 6300 до 8000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760
Св. 8000 до 10 000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940
Количество единиц допуска в допуске данного квалитета										
	1 *	1,4*	2*	2,7*	3,7*	5,1*	7	10	16	25

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы В.1

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	9	10	11	12	13	14**	15**	16 **	17 **	18***
	Обозначения допусков									
	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Допуски, мкм			Допуски, мм						
До 3	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0	1,4
Св. 3 до 6	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
Св. 6 до 10	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
Св. 10 до 18	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
Св. 18 до 30	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1.3	2,1	3,3
Св. 30 до 50	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	3,9
Св. 50 до 80	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	4,6
Св. 80 до 120	87	140	220	0,35	0,54	0.87	1,4	2,2	3,5	5,4
Св. 120 до 180	100	160	250	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3
Св. 180 до 250	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2.9	4,6	7,2
Св. 250 до 315	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
Св. 315 до 400	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
Св. 400 до 500	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	9,7
Св. 500 до 630	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4.4	7,0	11,0
Св. 630 до 800	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5,0	8,0	12,5
Св. 800 до 1000	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9,0	14,0
Св. 1000 до 1250	260	420	660	1,05	1,65	2,5	4,2	6,6	10,5	16,5
Св. 1250 до 1600	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5,0	7,8	12,5	19,5
Св. 1600 до 2000	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6,0	9,2	15,0	23,0
Св. 2000 до 2500	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0	17,5	28,0
Св. 2500 до 3150	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21,0	33,0
Св. 3150 до 4000	660	1050	1650	2,6	4,1	6,6	10,5	16,5	26,0	41,0
Св. 4000 до 5000	800	1300	2000	3,2	5,0	8,0	13,0	20,0	32,0	50,0
Св. 5000 до 6300	980	1550	2500	4,0	6,2	9,8	15,5	25,0	40,0	62,0
Св. 6300 до 8000	1200	1950	3100	4,9	7,6	12,0	19,5	31,0	49,0	76,0
Св. 8000 до 10000	1500	2400	3800	6,0	9,4	15	24	38	60	94
Количество единиц в допуске данного квалитета										
	40	64	100	160	150	400	640	1000	1600	2500

Витебский государственный технологический университет

Приложение Г
Числовые значения неуказанных допусков перпендикулярности, соосности и симметричности

Таблица Г.1 – Числовые значения неуказанных допусков соосности и пересечения осей

Интервалы номинальных размеров	Значения неуказанных допусков соосности и пересечения осей при определяющем допуске размера			
	по квалитетам			
	12 и точнее	13 и 14	15 и 16	17
	по классам точности			
	точный	средний	грубый	очень грубый
До 3	0,05	0,12	0,20	0,30
Св. 3 до 10	0,06	0,16	0,25	0,40
>> 10 >>18	0,08	0,20	0,30	0,50
>> 18 >>30	0,10	0,25	0,40	0,60
>> 30 >>50	0,12	0,30	0,50	0,80
>> 50 >>120	0,16	0,40	0,60	1,00
>> 120 >>250	0,20	0,50	0,80	1,20
>> 250 >>400	0,25	0,60	1,00	1,60
>> 400 >>630	0,30	0,80	1,20	2,00
>> 630 >>1000	0,40	1,00	1,60	2,50
>> 1000 >>1600	0,05	1,20	2,00	3,00
>> 1600 >>2500	0,60	1,60	3,00	4,00

Таблица Г.2 – Числовые значения неуказанных допусков симметричности

Интервалы номинальных размеров	Значения неуказанных допусков симметричности при определяющем допуске размера			
	по квалитетам			
	12 и точнее	13 и 14	15 и 16	17
	по классам точности			
	точный	средний	грубый	очень грубый
До 3	0,20	0,30	0,50	0,80
Св. 3 до 10	0,25	0,40	0,60	1,00
>> 10 >>18	0,30	0,50	0,80	1,20
>> 18 >>30	0,40	0,60	1,00	1,60
>> 30 >>50	0,50	0,80	1,20	2,00
>> 50 >>120	0,60	1,00	1,60	2,50
>> 120 >>250	0,80	1,20	2,00	3,00
>> 250 >>400	1,00	1,60	2,50	4,00
>> 400 >>630	1,20	2,00	3,00	5,00
>> 630 >>1000	1,60	2,50	4,00	6,00
>> 1000 >>1600	2,00	3,00	5,00	8,00
>> 1600 >>2500	2,50	4,00	6,00	10,0

Витебский государственный технологический университет

Числовые значения неуказанных допусков перпендикулярности определяются из таблицы Г.3.

Таблица Г.3 – Числовые значения неуказанных допусков перпендикулярности

Интервалы номинальных размеров	Значения неуказанных допусков перпендикулярности при определяющем допуске размера			
	по квалитетам			
	12 и точнее	13 и 14	15 и 16	17
	по классам точности			
	точный	средний	грубый	очень грубый
До 10	0,06	0,10	0,16	0,25
Св. 10 до 16	0,08	0,12	0,20	0,30
>> 16 >>25	0,10	0,16	0,25	0,40
>> 25 >>40	0,12	0,20	0,30	0,60
>> 40 >>63	0,16	0,25	0,40	0,80
>> 63 >>100	0,20	0,30	0,60	1,00
>> 100 >>160	0,25	0,40	0,80	1,20
>> 160 >>250	0,30	0,60	1,00	1,60
>> 250 >>400	0,40	0,80	1,20	2,00
>> 400 >>630	0,60	1,00	1,60	2,50
>> 630 >>1000	0,80	1,20	2,00	3,00
>> 1000 >>1600	1,00	1,60	2,50	4,00
>> 1600 >>2500	1,20	2,00	3,00	5,00

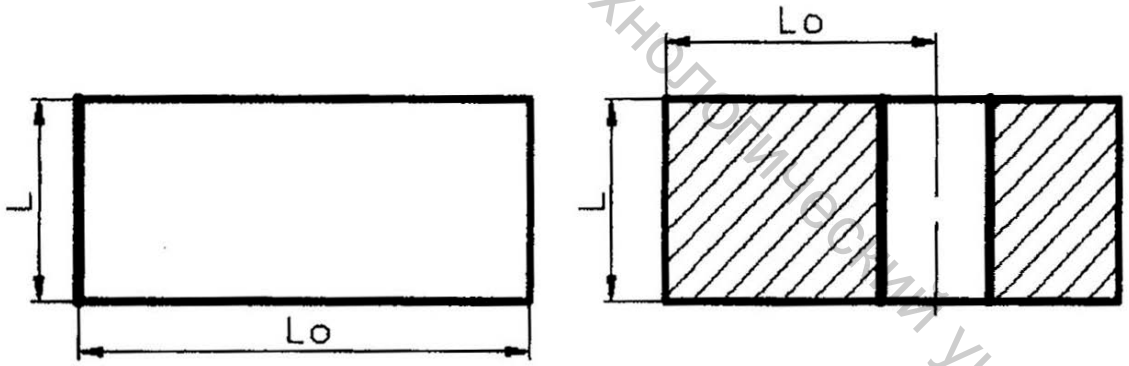


Рисунок Г.1 – Иллюстрация номинального размера (L) и размера, координирующего расположение рассматриваемого компонента (L_o).

Ниже приводится пример определения неуказанных допусков перпендикулярности. Например, необходимо определить неуказанные допуски перпендикулярности поверхностей для детали, приведенной на рисунке Г.2. Неуказанные предельные отклонения размеров – по h14; $\pm t_2/2$.

Витебский государственный технологический университет

1. За базу для определения неуказанных допусков перпендикулярности элементов А, Б, Г, Д, Ж, К в вертикальной плоскости принимают поверхность И (поверхность, имеющая больший размер в рассматриваемых перпендикулярных направлениях)

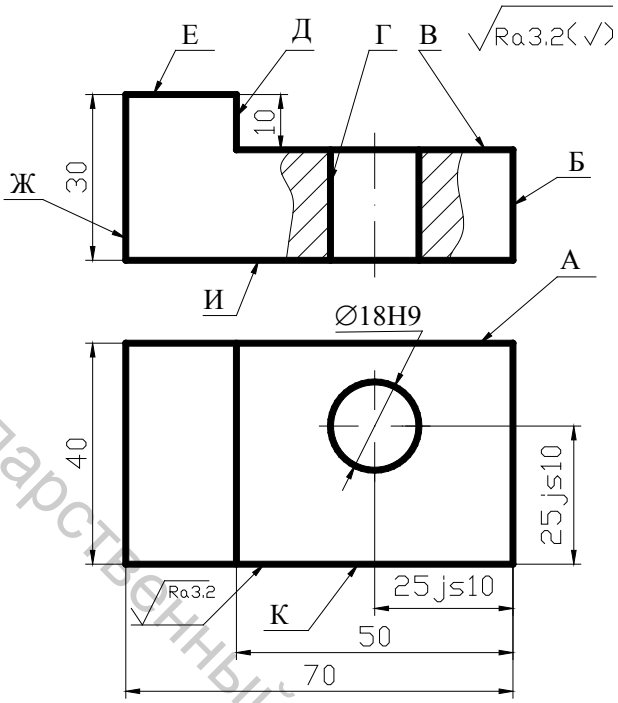


Рисунок Г.2 – Пример определения неуказанных допусков перпендикулярности

2. Неуказанные допуски перпендикулярности элементов А, Б, Г, Д, Ж, К относительно поверхности И по таблице Г.1.

2.1. Для поверхностей А и Ж: номинальный размер –30 мм; определяющий допуск размера – IT14; неуказанный допуск перпендикулярности – 0,2 мм.

2.2. Для поверхности Д: номинальный размер –10 мм; определяющий допуск размера – t_2 (средний класс точности); неуказанный допуск перпендикулярности – 0,1 мм.

2.3. Для поверхностей Б и Г: номинальный размер – 20 мм; определяющий допуск размера – IT10 (примечание к табл. 3.1. – более точный квалитет при нескольких размерах различной точности, координирующих рассматриваемый элемент в одном направлении); неуказанный допуск перпендикулярности – 0,1 мм.

2.4. Для поверхности К: номинальный размер –30 мм; определяющий допуск размера – IT10; неуказанный допуск перпендикулярности – 0,12 мм.

3. За базу для определения неуказанных допусков перпендикулярности поверхностей Б, В, Д, Е, Ж, И в горизонтальной плоскости в

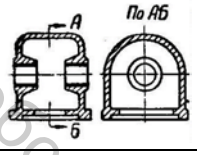
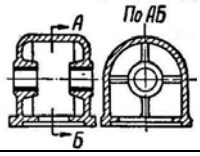
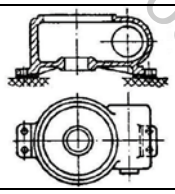
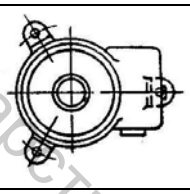
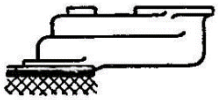
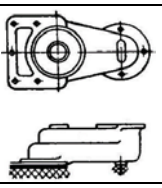
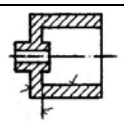
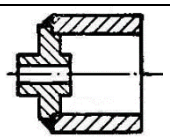
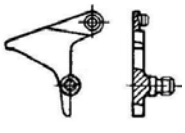
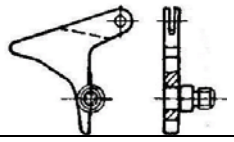
Витебский государственный технологический университет

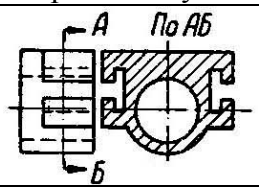
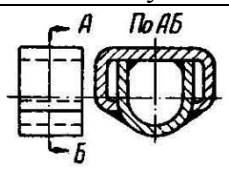
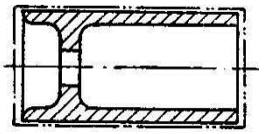
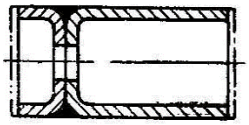
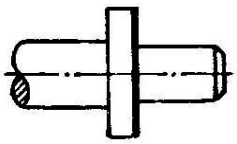
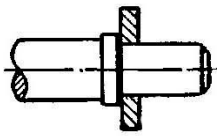
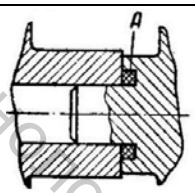
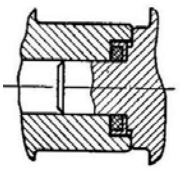
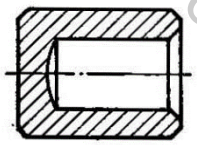
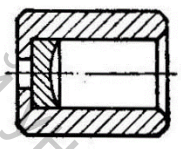
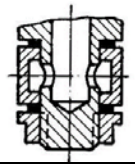
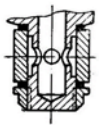
одном координатном направлении принимают поверхность К (из двух одинаковых по размеру поверхностей А и К поверхность К имеет меньшую шероховатость). За базу для определения неуказанных допусков перпендикулярности поверхностей А, В, И, Е и К в горизонтальной плоскости в другом координатном направлении принимают поверхность Ж (поверхность, имеющая больший размер в рассматриваемых перпендикулярных направлениях).

Неуказанные допуски перпендикулярности поверхностей в горизонтальной плоскости также легко определить с помощью таблицы Г.1.

ВиТебский государственный технологический университет

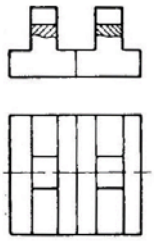
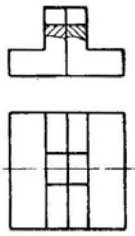
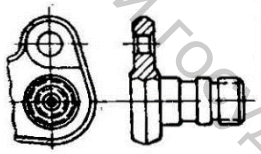
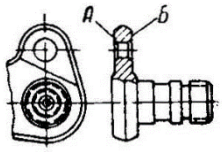
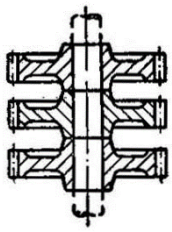
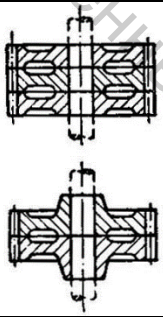
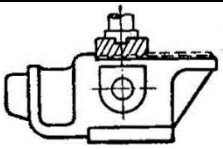
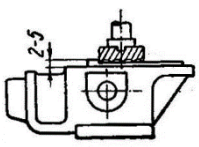
Приложение Д
Оценка технологичности по качественным показателям
Таблица Д.1 – Оценка технологичности по качественным показат лям

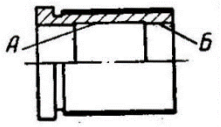
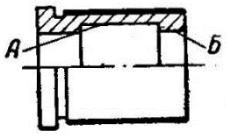
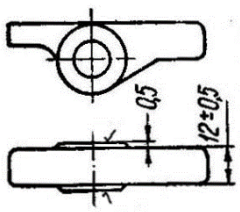
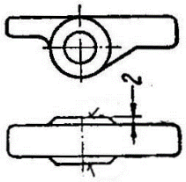
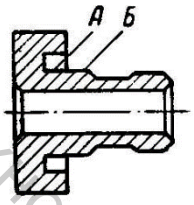
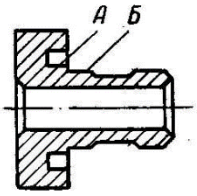
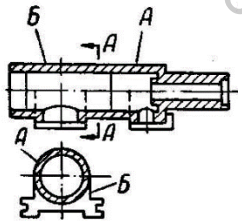
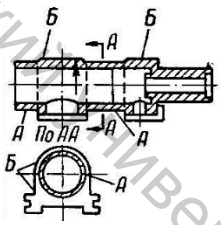
21101	
Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Деформация литого корпуса при обработке на высоких режимах резания исключается благодаря введению ребер жесткости	
	
Добавление третьей опоры обеспечивает надежную установку и крепление детали и позволяет применять высокие режимы обработки	
	
Введение технологической базы (прилива) устраняет вибрацию детали при обработке и позволяет применять высокие режимы резания	
21102	
	
Применение сварной конструкции, состоящей из трубы и точеной втулки, позволяет значительно сократить трудоемкость изготовления детали	
	
Обработка рычага значительно упростилась после замены короткого пальца пазом (благодаря незначительному изменению конструкции сопряженной детали) и длинного пальца – приварным	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
	
Расчленение деталей на простые элементы дает возможность применить более технологичные штампо-сварные конструкции	
	
Уменьшение размеров буртиков может быть компенсировано введением упорных шайб	
21103	
	
Перенесение сальника в сопряженную деталь позволяет устранить трудноизготавливаемую торцовую канавку А	
	
Сплошное дно сферической формы трудно выполнить из-за отсутствия выхода инструмента. Применение вставного дна исключает этот недостаток	
	
Полость между валиком и втулкой целесообразно выполнять на валике, так как изготовление втулки с канавкой значительно сложнее	

Витебский государственный технологический университет

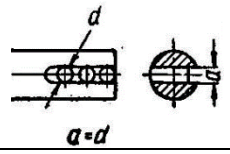
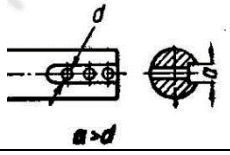
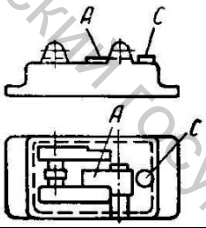
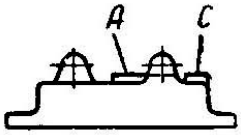
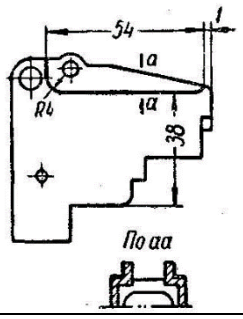
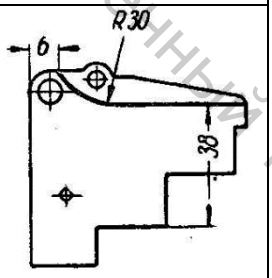
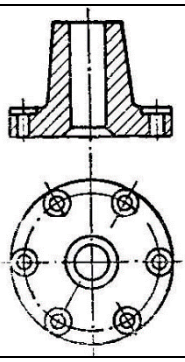
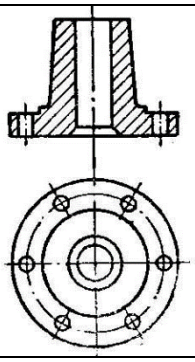
Продолжение таблицы Д.1

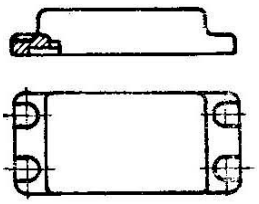
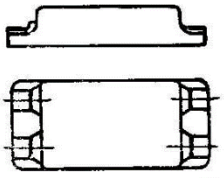
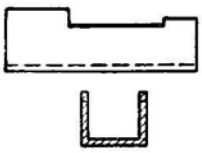
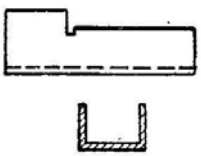
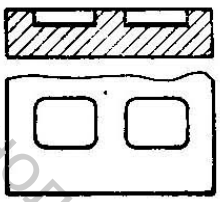
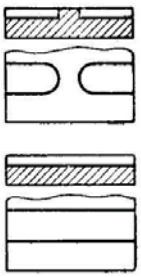
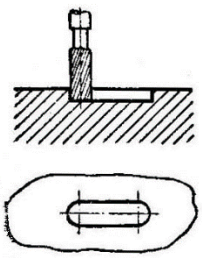
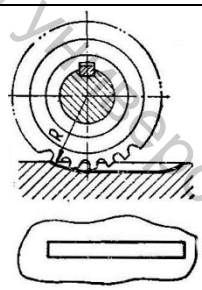
21104	
Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Вынесение уступа на край детали дает возможность фрезеровать паз в двух деталях одновременно без ударов	
	
Замена скругленного контура прямолинейным позволяет фрезеровать плоскости А к Б набором дисковых фрез в нескольких деталях одновременно	
	
Зубья шестерен с двусторонней ступицей нельзя нарезать одновременно из-за отсутствия надежной опоры (воспринимающей усилие резания) и увеличения	
21105	
	
Недостаточная высота выступа, установленная без учета допусков на литье и механическую обработку, может привести к врезанию фрезы в поверхность, не подлежащую обработке	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Недостаточная разность в диаметрах необрабатываемой (А) и обрабатываемой (Б) поверхностей при некоторой несоосности их приведет к необходимости обработки отверстия по всей длине	
	
Высота бобышек должна быть больше допуска на штамповку, в противном случае невозможно обрабатывать бобышки на настроенном станке	
21106	
	
Поверхности А и Б необходимо разграничивать, так как они обрабатываются различными инструментами, и изготовление их заподлицо потребует пригонки	
	
Плавное слияние фасонной поверхности Б с цилиндрической А невозможно без слесарной пригонки. Четкое разграничение этих поверхностей позволяет устранить ручную припиловку, значительно снизить стоимость и трудоемкость изготовления детали	

Витебский государственный технологический университет

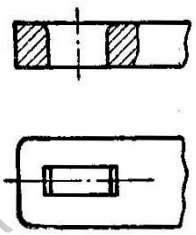
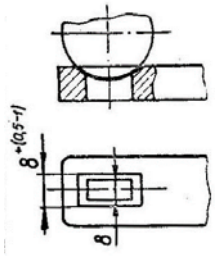
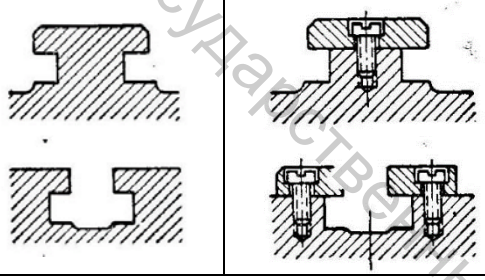
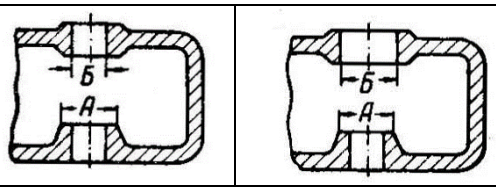
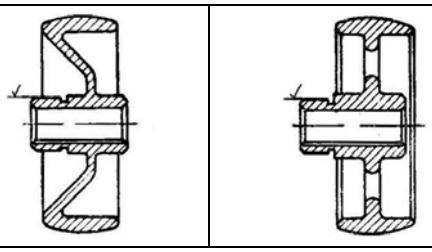
Продолжение таблицы Д.1

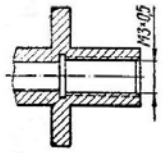
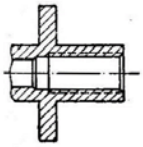
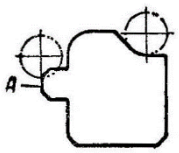
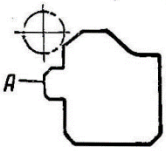
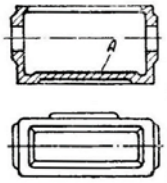
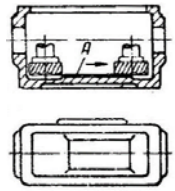
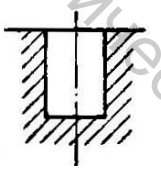
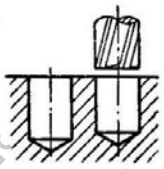
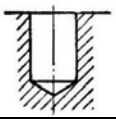
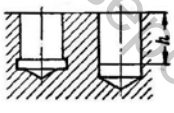
Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Диаметры отверстий, расположенных в пазах, должны быть меньше ширины пазов. Это обеспечивает возможность обработки их на разных операциях (без пригонки заподлицо)	
21107	
	
Уменьшение высоты бобышки С до уровня поверхности А позволяет обработку обеих поверхностей производить напроход в одну операцию бея переналадки станка	
	
Увеличение радиуса переходной поверхности до R30 позволяет применить более производительную обработку детали комплектом фрез вместо обработки на копировально-фрезерном станке за две операции	
	
Цековку следует заменять сплошной подрезкой фланца	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Рекомендуемая конструкция исключает необходимость обработки каждого гнезда в отдельности и позволяет применить высокопроизводительную обработку напроход нескольких деталей одновременно по настроенной операции	
	
Расположение узких и длинных поверхностей должно обеспечивать возможность обработки их в продольном направлении, так как поперечная обработка будет сопровождаться вибрацией	
	
При обработке закрытых гнезд нельзя применять высокие режимы резания; кроме того, требуется предварительно засверливать отверстия для входа фрезы. Открытые гнезда повышают технологичность детали	
	
Желательно применять пазы и прорези, обрабатываемые дисковыми фрезами, так как обработка пальцевыми фрезами менее производительна. Радиус паза R должен соответствовать нормальным размерам фрезы	

Витебский государственный технологический университет

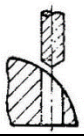
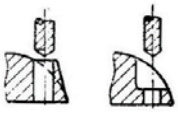
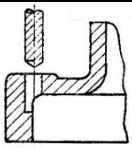
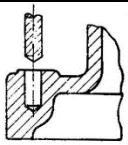
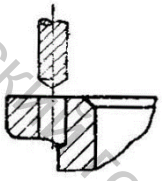
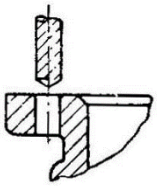
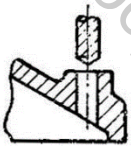
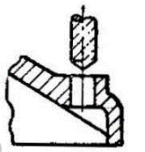
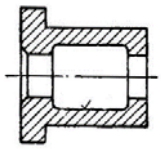
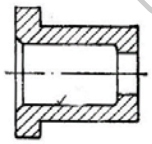
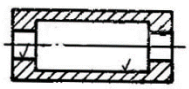
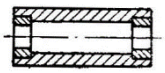
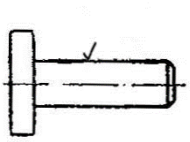
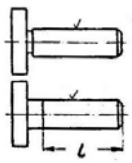
Продолжение таблицы Д.1

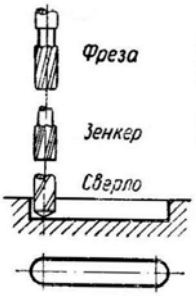
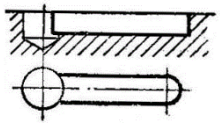
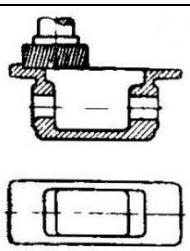
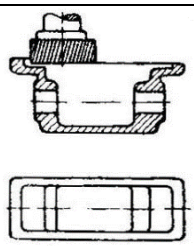
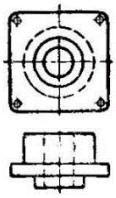
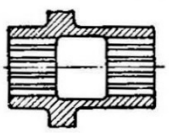
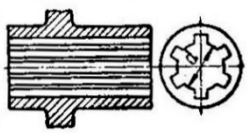
Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Рекомендуемое изменение конструкции фаски позволяет заменить сложную обработку ее на долбежном станке простой и производительной операцией фрезерования	
	
В ряде случаев закрытые Т-образные пазы могут быть выполнены открытыми. Это позволяет уменьшить отход металла и применить более производительный и дешевый обрабатывающий инструмент	
21108	
	
Увеличение диаметра отверстия Б позволяет резко повысить производительность за счет исключения необходимости смены инструмента для подрезки торца А	
	
Для создания возможности шлифования наружной поверхности ступицы необходимо, чтобы она выступала	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Зарезьбовые канавки на резьбах малого диаметра трудновыполнимы. В этих случаях следует применять бесканавочный выход резьбы	
21109	
	
Незначительное изменение конструкции делает возможной обработку детали на копировально-фрезерном станке без врезания фрезы в выступ А	
	
В рекомендуемой конструкции благодаря изменению положения и размеров поверхности А стало возможным обрабатывать ее за один проход, применяя производительную фрезу большого диаметра	
	
При проектировании глухих отверстий следует предусматривать конус от сверла	
	
В глухих отверстиях, подвергающихся чистовой обработке на токарных станках, следует предусматривать кольцевые канавки для выхода режущего инструмента или указывать глубину h чистовой обработки	

Витебский государственный технологический университет

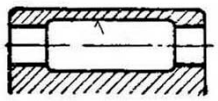
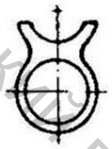
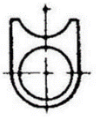
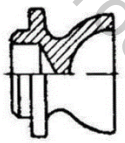
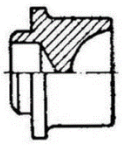
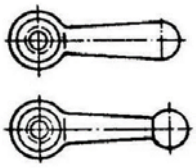
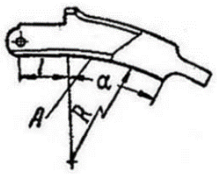
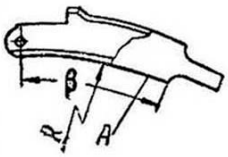
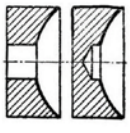
Продолжение таблицы Д.1

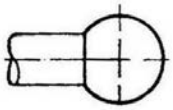
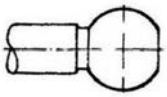
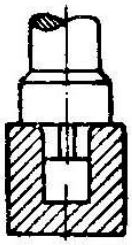
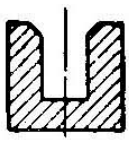
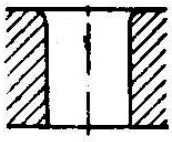
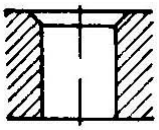
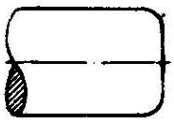
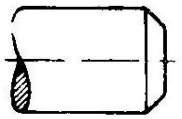
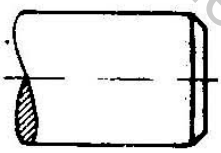
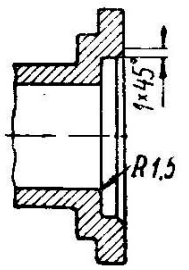
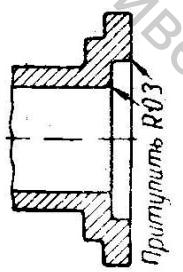
Не рекомендуется	Рекомендуется
	
	
	
	
Оси отверстий должны быть перпендикулярны поверхности входа и выхода сверла; несоблюдение этого требования может привести к поломке сверла	
	
В рекомендуемой конструкции облегчены доступ режущего инструмента и наблюдение за процессом обработки; кроме того, обеспечена возможность расточки выемки но настроенной операции.	
	
Благодаря применению запрессованных втулок исключена обработка закрытой внутренней поверхности; в качестве заготовки можно использовать трубу.	
	
Для получения чистой поверхности и точного диаметра следует предусматривать канавки или ограничивать длину рабочей части L так, чтобы оставался участок в 2—5 мм, не требующий точной обработки	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
При изготовлении пазов, обработка которых невозможна на шпоночно–фрезерных станках, необходимо предварительно засверливать отверстия и зенкером обрабатывать дно в месте сверления. Рекомендуется в конструкции предусматривать отверстие для захода инструмента	
21110	
	
Неравномерная ширина обрабатываемой плоскости вызывает изменение усилия резания и, следовательно, неравномерную деформацию в системе деталь — инструмент — станок, в результате появляется провал размера в средней части детали	
	
При обработке торцов детали с прямоугольным фланцем резец будет работать с ударами. Этот недостаток устранен в рекомендуемой конструкции	
	
Шлицевые отверстия не должны иметь выточек в средней части, так как это ведет к поломке зубьев протяжек	

Витебский государственный технологический университет

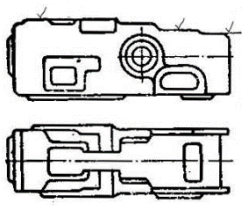
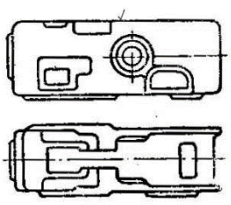
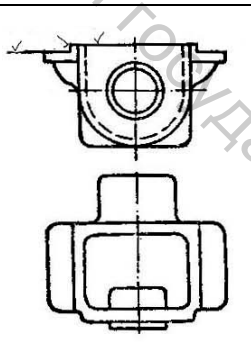
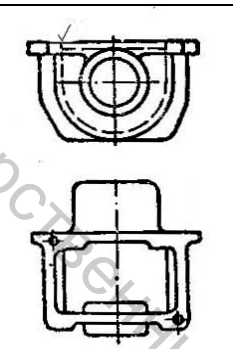
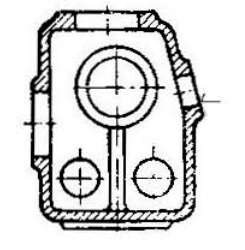
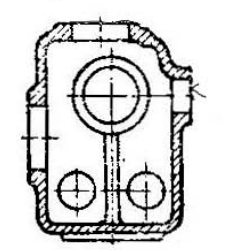
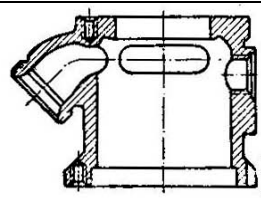
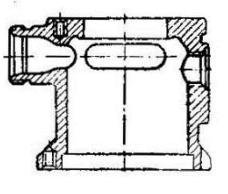
Продолжение таблицы Д.1

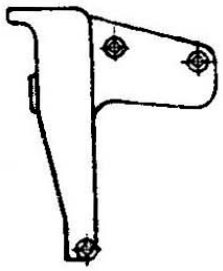
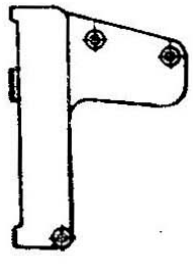
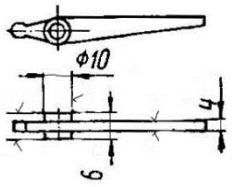
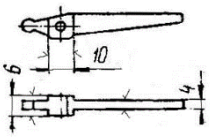
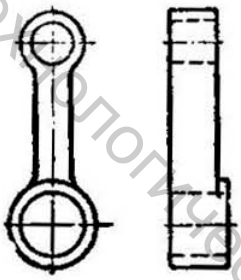
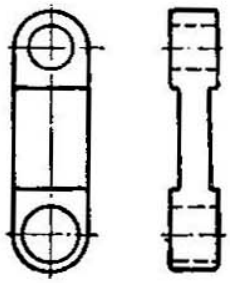
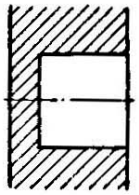
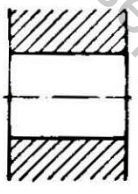
Не рекомендуется	Рекомендуется
21111	
	
Устранение труднообрабатываемой закрытой выточки дает возможность обрабатывать деталь на агрегатных станках	
	
	
	
Если фасонные поверхности невозможно получить в заготовке и их нужно обрабатывать резанием, то форму их следует упростить, приблизив к форме, образованной плоскостями или цилиндрическими поверхностями	
	
В рекомендуемой конструкции исключен прямолинейный участок l, что позволяет фрезеровать поверхность А на круглом столе вместо менее производительного фрезерования по копиру	
	
При обработке внутренней сферической поверхности скорость резания меняется от наибольшей до нуля, поэтому чистота поверхности получается неравномерной. Рекомендуется вводить центральное отверстие или засверловку	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
При обточке сферической поверхности фасонным резцом торец детали должен быть плоским; кроме того, нужно предусматривать переходную шейку	
	
	
	
Следует избегать применения галтелей, заменяя их фасками. Для обработки галтелей требуется специальный режущий инструмент (фрезы, зенкеры или фасонные резцы), для обработки же фасок обычно можно использовать зенковку	
	
	
Вместо галтелей и фасок рекомендуется притуплять кромки	

Витебский государственный технологический университет

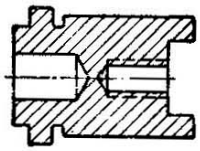
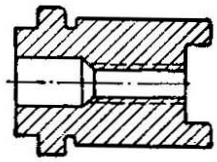
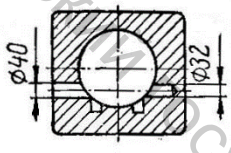
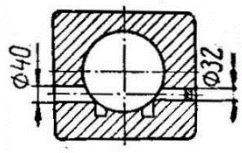
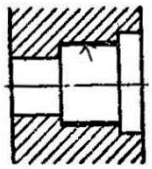
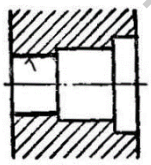
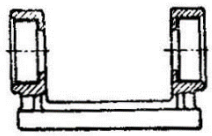
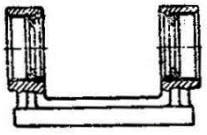
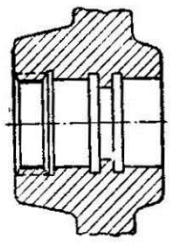
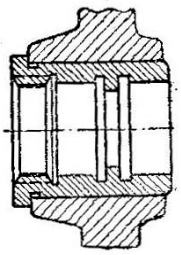
Продолжение таблицы Д.1

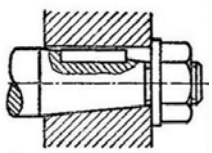
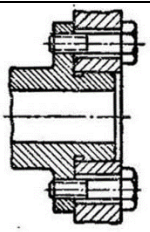
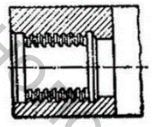
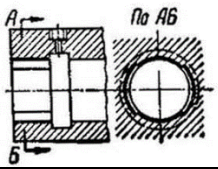
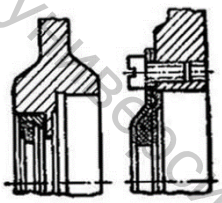
Не рекомендуется	Рекомендуется
21112	
	
Ступенчатые поверхности крупных деталей нельзя обрабатывать набором фрез за одну операцию. Замена ступенчатых поверхностей одной плоскостью позволяет обрабатывать несколько деталей одновременно	
	
Наличие фиксирующих выступов затрудняет механическую обработку детали. Введение контрольных штифтов для фиксирования сопрягаемых деталей позволяет заменить ступенчатые поверхности одной плоской поверхностью и применить для обработки детали непрерывное фрезерование одной торцовой фрезой вместо набора фрез	
	
	
Применение наклонных обрабатываемых поверхностей затрудняет изготовление деталей из-за сложности установки на станке	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Поверхности на одной стороне детали следует располагать в одной плоскости для возможности обработки их за одну установку на заранее настроенном станке	
21113	
	
Если бобышки не могут быть получены в заготовке, то их нужно делать вместо круглых прямоугольными, легко обрабатываемыми на фрезерном станке	
	
В рекомендуемой конструкции упрощенная форма детали дает возможность применить обработку скоростными режимами резания	
21114	
	
Обработка глухих отверстий, к которым предъявляются требования по точности и чистоте поверхности, вызывает большие затруднения. Следует заменять их сквозными	

Витебский государственный технологический университет

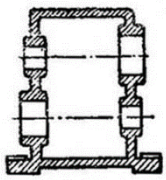
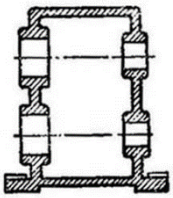
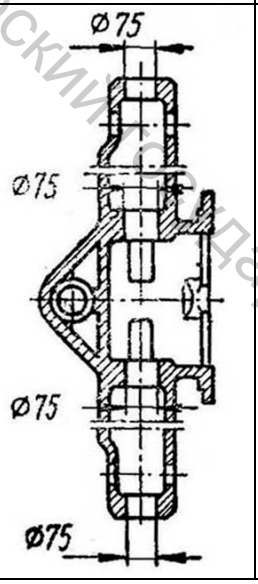
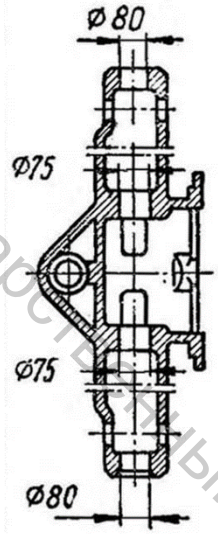
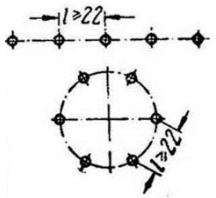
Продолжение таблицы Д.1

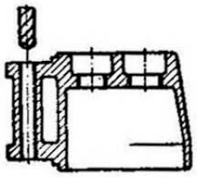
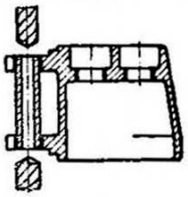
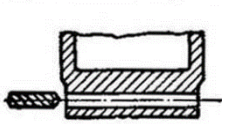
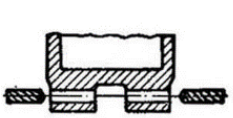
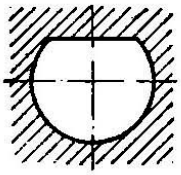
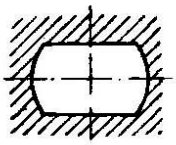
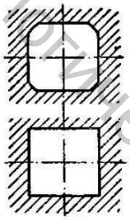
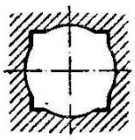
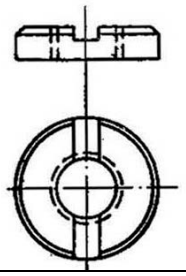
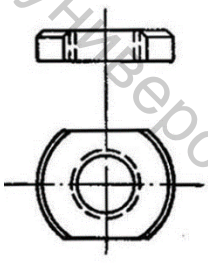
Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Деталь с двумя глухими соосными отверстиями нетехнологична – отверстия необходимо обрабатывать за две операции	
	
Обрабатывать глухие глубокие отверстия, пересекаемые полостью, весьма затруднительно. Обработка такого отверстия с двух сторон с по следующей заглушкой одного конца значительно упрощает изготовление детали	
21115	
	
В ступенчатых отверстиях наиболее точная ступень должна быть сквозной	
	
Замена уступов вставными штампованными тарелками, фиксируемыми пружинными кольцами, значительно снижает трудоемкость изготовления детали	
	
Замена резьбового отверстия гладким с запрессовкой втулки с резьбой значительно облегчает обработку корпуса	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Замена резьбового отверстия большого диаметра несколькими небольшими отверстиями, а упорного буртика пружинным разрезным кольцом значительно упрощает изготовление корпуса	
	
Обработка конических отверстий большого диаметра более трудоемка, чем обработка цилиндрических, и требует применения более сложного режущего и мерительного инструмента	
	
В рекомендуемой конструкции упорная резьба заменена сухарным соединением, что позволяет обрабатывать отверстия на агрегатном станке и значительно снижает трудоемкость детали	
	
Рекомендуется замена сальниковых канавок сальниковыми уплотнениями, состоящими из штампованных деталей, привертываемых к корпусу	

Витебский государственный технологический университет

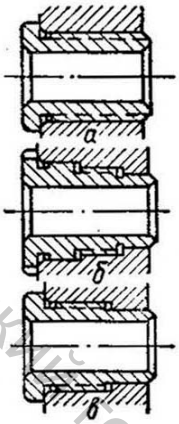
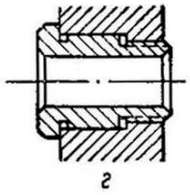
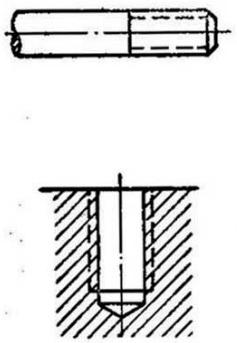
Продолжение таблицы Д.1

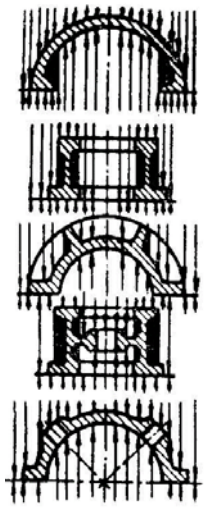
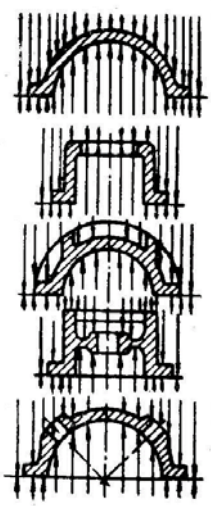
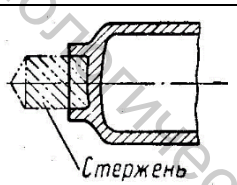
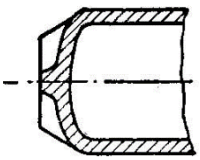
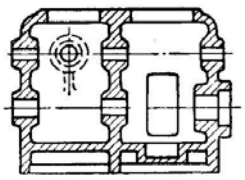
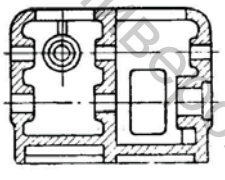
Не рекомендуется	Рекомендуется
21116	
	
	
Чтобы обрабатывать соосные цилиндрические отверстия с одной стороны детали, целесообразно иметь убывающие в одном направлении диаметры. Если же невозможно уменьшить диаметры в одном направлении, нужно предусматривать уменьшение диаметров с обеих сторон по направлению к средней части детали	
21117	
	
С целью осуществления одновременного сверления нескольких отверстий с использованием многошпиндельных головок и агрегатных станков расстояние между отверстиями следует назначать не менее 22 мм, так как минимальный наружный диаметр шпинделя равен 22 мм	

Не рекомендуется	Рекомендуется
	
	
При замене глубокого отверстия двумя короткими их можно одновременно обрабатывать на агрегатном станке с двух сторон. В результате повышается производительность труда и снижается вероятность брака по дефектам глубокого отверстия	
21118	
	
	
21119	
	
При нарезании резьбы в круглых гайках на гайконарезном станке на них следует делать лыски для лучшего крепления на станке и завертывания	

Витебский государственный технологический университет

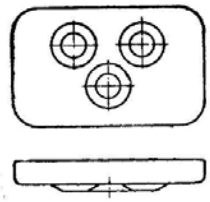
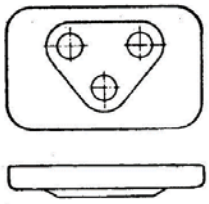
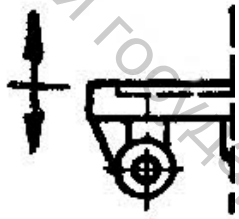
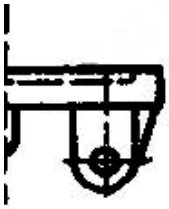
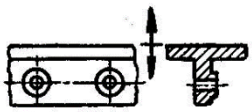
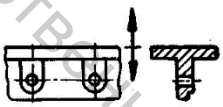
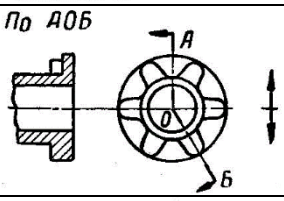
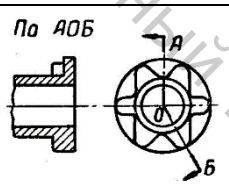
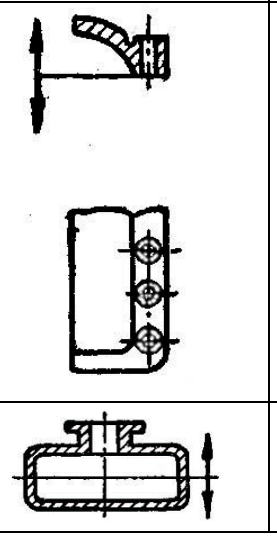
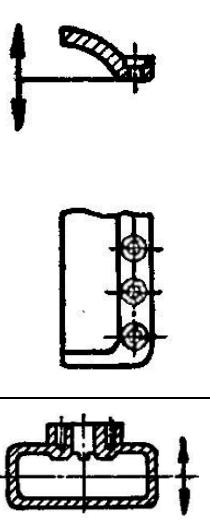
Продолжение таблицы Д.1

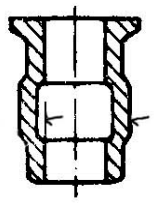
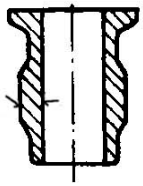
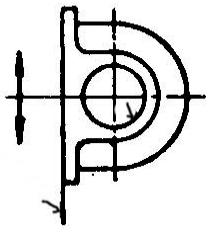
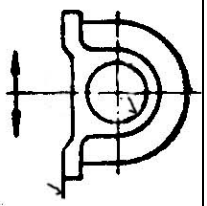
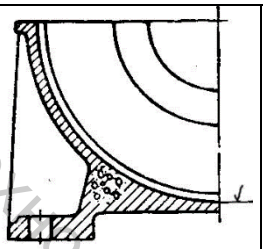
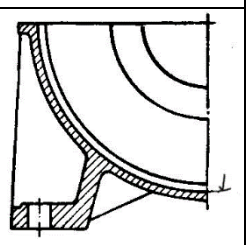
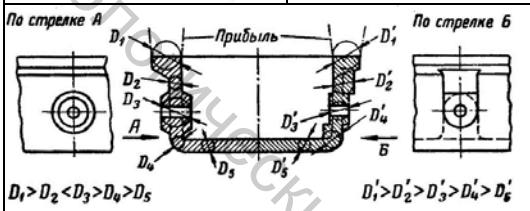
Не рекомендуется	Рекомендуется
	
Не следует центрировать детали по резьбе (а). Сопряжение по двум цилиндрическим пояскам (б) и сопряжение с «глухой» резьбой (в) нежелательно. Рекомендуется применять центрирование втулки гладким цилиндрическим пояском со сквозной резьбой в корпусе	
	
На деталях с наружной резьбой следует предусматривать канавки для выхода инструмента или сбег резьбы f. Внутренние резьбы желательно делать сквозными. В глухих резьбовых отверстиях необходимо предусматривать канавки или сбег резьбы	

Не рекомендуется	Рекомендуется
2231	
	
Конструкция отливки должна обеспечивать беспрепятственное извлечение модели из формы, исключая необходимость в отъемных частях. критерием этого может служить отсутствие в детали теневых участков при освещении ее параллельными лучами в направлении, перпендикулярном плоскости разъема формы или стержневого ящика.	
2232	
	
Внешний контур литой детали должен быть выполнен с учетом применения минимального количества стержней	
2233	
	
В деталях отливаемых всеми способами (кроме литья по выплавляемым моделям) с применением стержней, оформляющих внутренний контур, выступающие наружу приливы рекомендуется переносить внутрь детали. При литье под давлением – наружу	

Витебский государственный технологический университет

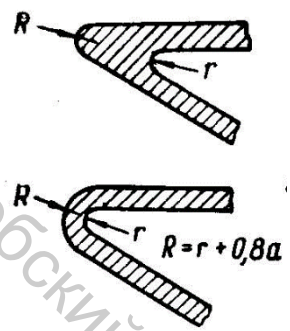
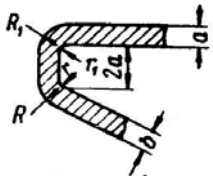
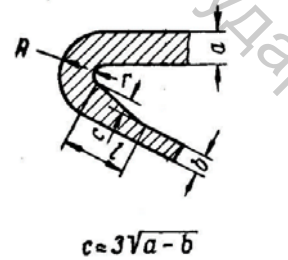
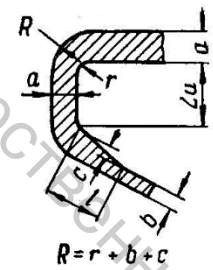
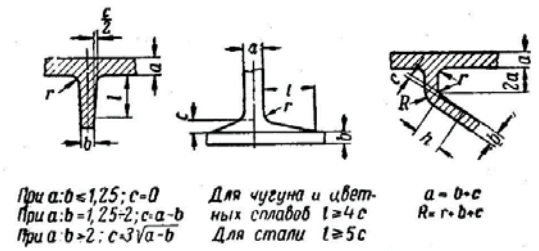
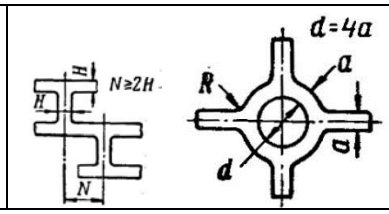
Продолжение таблицы Д.1

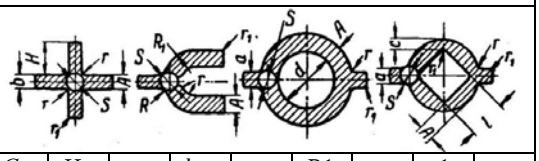
Не рекомендуется	Рекомендуется
2234	
	
Несколько близко расположенных в одной плоскости приливов или бобышек следует располагать один прилив	
2235	
	
	
	
	
Оформление приливов, бобышек и фланцев	

Не рекомендуется	Рекомендуется
2236	
	
	
Не следует допускать двусторонней механической обработки, так как при этом удаляются наиболее прочные поверхностные слои металла	
225	
	
	
Нужно избегать труднопитаемых утолщений (образуются усадочные раковины). Проверка может быть осуществлена методом вписанных окружностей, диаметры которых должны непрерывно увеличиваться от самого тонкого участка к прибыли. Бобышка в детали слева образует горячий узел. Вследствие чего в бобышке возникает усадочная раковина. Та же бобышка справа, выполненная в виде приливов без промежуточной тонкой стенки, горячего узла не образует	

Витебский государственный технологический университет

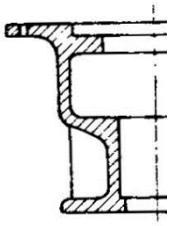
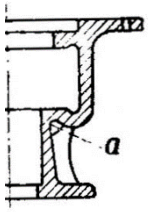
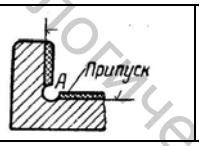
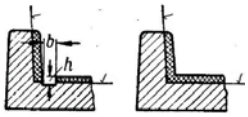
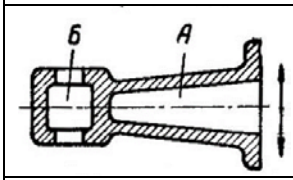
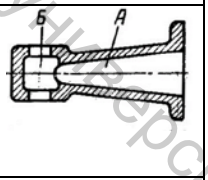
Окончание таблицы Д.1

Не рекомендуется	Рекомендуется
2263	
а  *a:b<2*	
б  *a:b>2* *Чугун* $l \geq 4b$, *сталь* $l \geq 5b$	
с 	
А – возможно появление усадочных раковин, пригара, трещин; б – плавное изменение толщин, устраняется перегрев отдельных участков; с – рекомендуемое оформление двустороннего угла.	
2271	
	
Рекомендуется применять шахматное или кольцевое пересечение ребер и перегородок, так как при этом достигается разрежение узлов скопления металла	

Не рекомендуется	Рекомендуется
2273	
	

Сеч	*H*	*a*	*b*	*c*	*R1*	*r*	*r1*	*s*
1	*3*	*-*	*0,6*		*-*	*0,3*	*0,25*	*1,25*
2	*-*	*-*	*-*		*1,5*	*0,5*	*0,25*	*1,25*
3	*-*	*0,8*	*-*		*-*	*0,5*	*0,25*	*1,25*
4	*-*	*1*	*-*	*0,5*	*-*	*0,25*	*0,25*	*1,25*

Размеры указаны в долях размера А

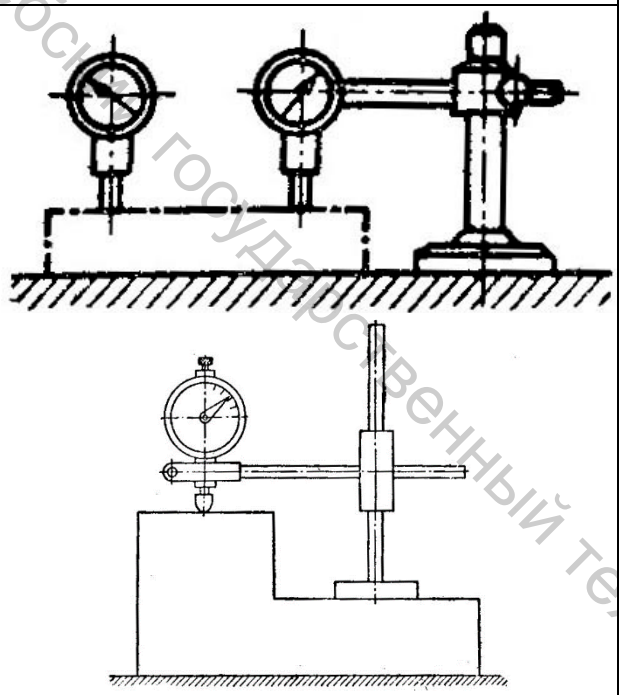
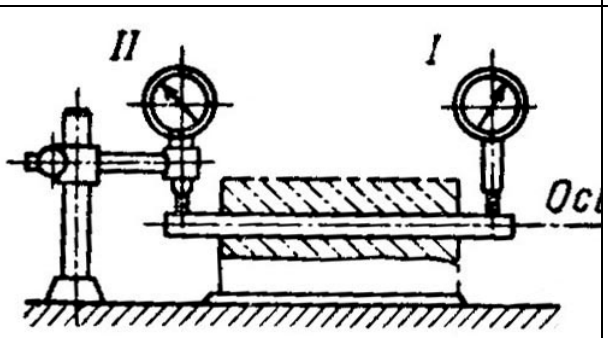
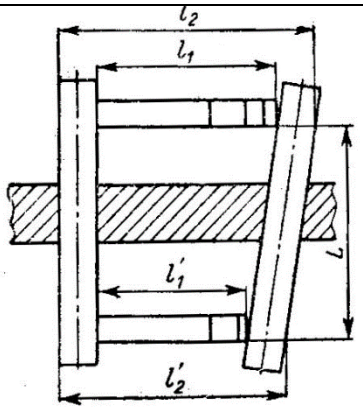
2274	
	
В ребрах, образующих трехгранные углы с основными стенками, рекомендуется оставлять литое отверстие при вершине угла с целью уменьшения скопления металла. Наружный край ребер рекомендуется выполнять не по прямой, а по кривой для обеспечения более легкой деформации ребер при усадке во избежание трещин	
2283	
	
Желание конструктора создать выемку для выхода инструмента может привести к нетехнологичной конструкции	
2284	
	
Внутренняя полость должна иметь выходные отверстия, необходимые для образования в стержнях опорных знаковых частей, достаточных для надежного их крепления установками. Выходные отверстия знаков по возможности должны быть продолжением полости литой детали	

Витебский государственный технологический университет

Приложение Е
Схемы контроля, мерительный инструмент

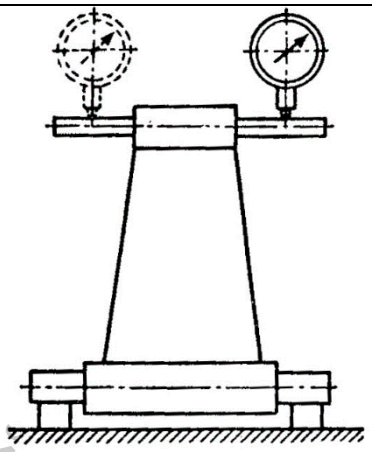
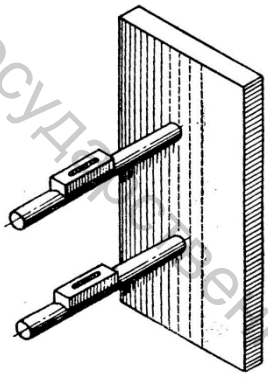
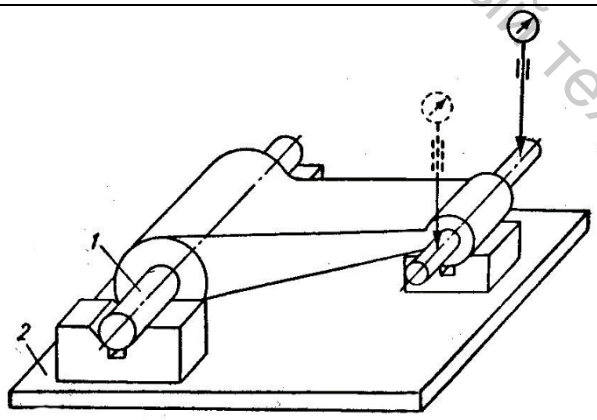
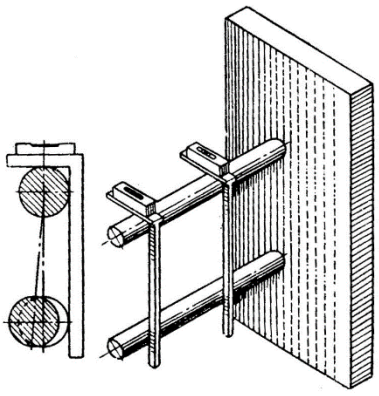
Е.1 Некоторые способы измерения отклонений расположения поверхностей

Таблица Е.1 – Некоторые способы контроля непараллельности

Схема контроля	Контролируемый параметр	Приспособления
1	2	3
	Параллельность плоскостей	Поверочная плита, измерительная головка
	Параллельность оси относительно плоскости	Контрольный валик, поверочная плита, измерительная головка
	Параллельность осей	Плоскопараллельные меры длины, оправки

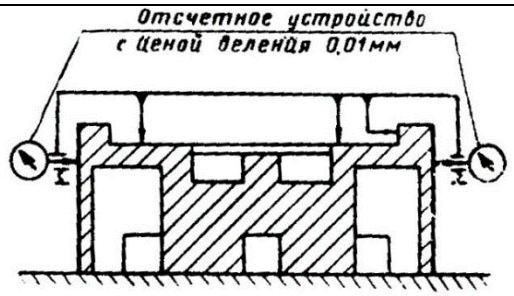
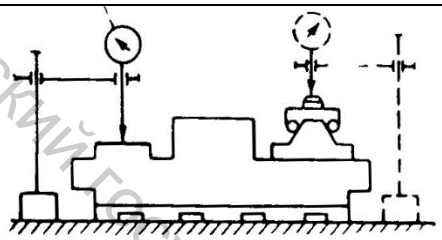
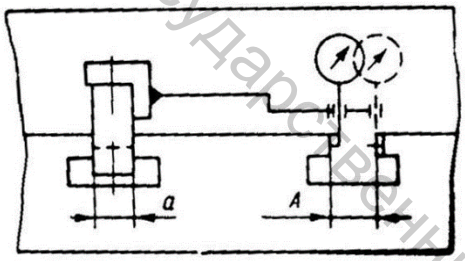
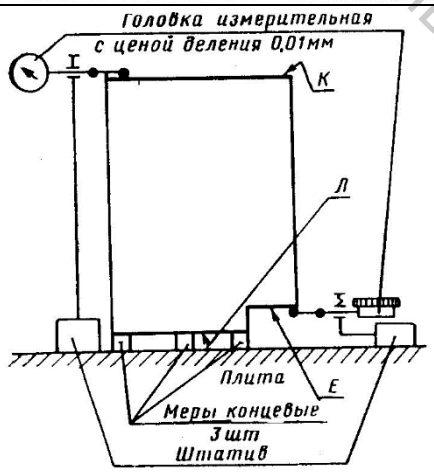
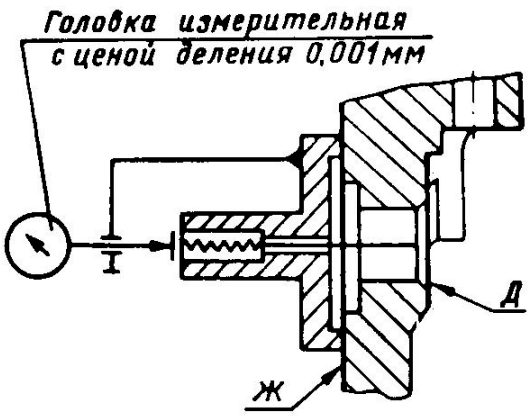
Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3
	Параллельность осей	Измерительная головка, оправки
		Уровни, оправки
	Перекос осей	Измерительная головка, оправки Базовая ось 1 должна быть параллельно плоскости 2
		Уровень, оправки

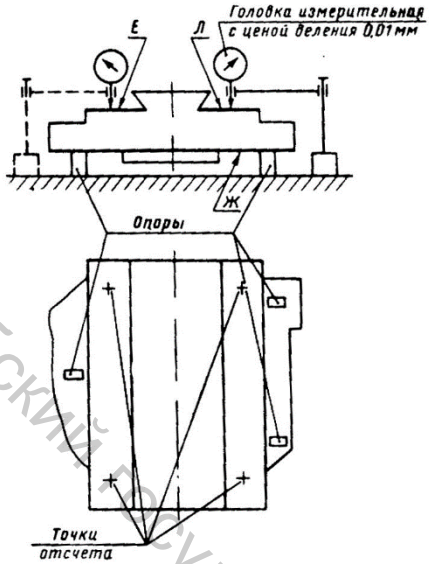
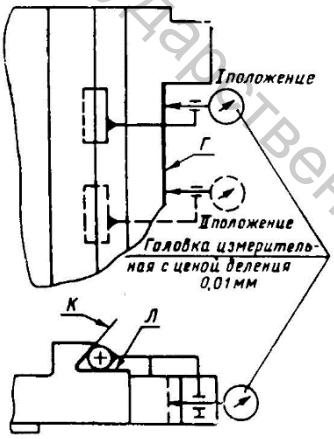
Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3
	Непараллельность боковых поверхностей относительно пов. Н	Специальное приспособление (плита поверочная, мерные подставки. Штатив, индикатор часового типа)
	Непараллельность направляющих относительно зеркала стола	Плита штатив, индикатор часового типа
	Непараллельность боковых сторон Т-образных пазов относительно оси центрального паза	Специальное приспособление
	Непараллельность Е и К относительно Л	Плита поверочная, меры длины концевые плоскопараллельные, индикатор рычажно-зубчатый, штатив
	Непараллельность совместно с неплоскостностью торца Д к близлежащему участку плоскости Ж	Специальное приспособление

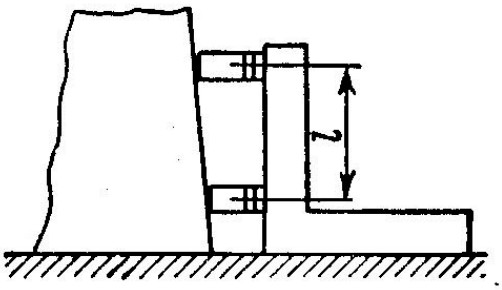
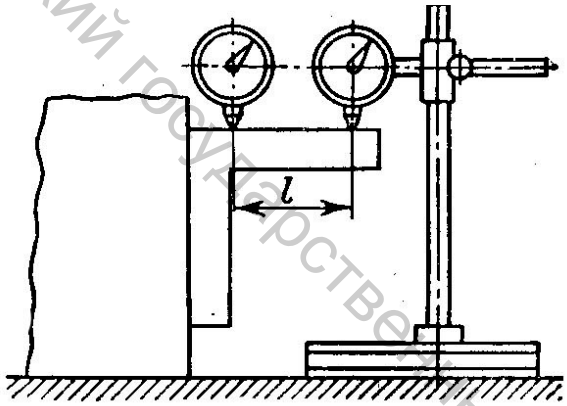
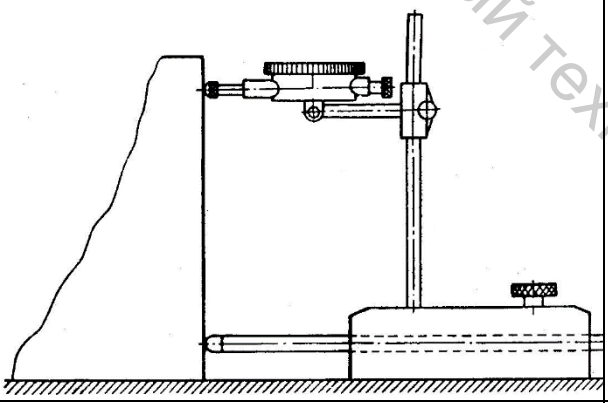
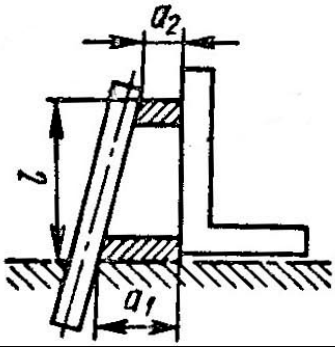
Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Е.1

1	2	3
	Непараллельность направляющих Л и Е к плоскости Ж	Плита поверочная, меры длины концевые плоскопараллельные, штатив
	Непараллельность поверхности Г линии пересечения поверхностей Л и К	Специальное приспособление

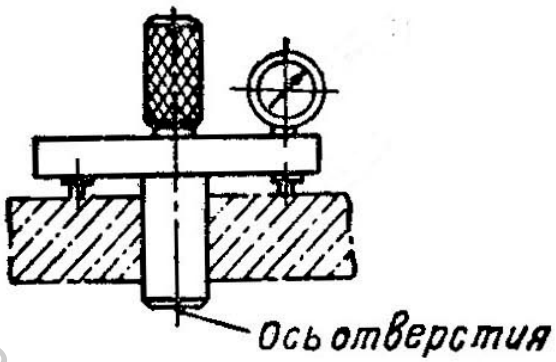
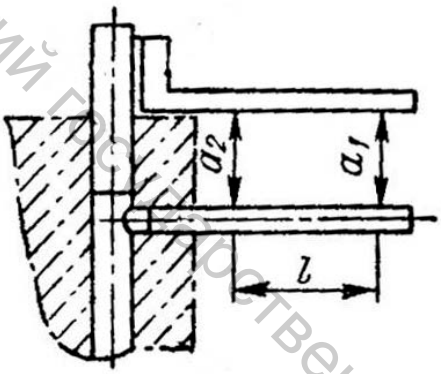
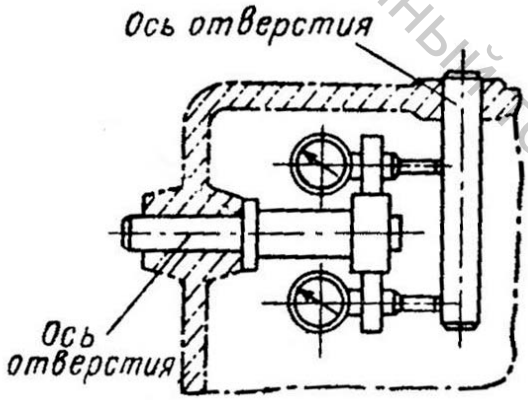
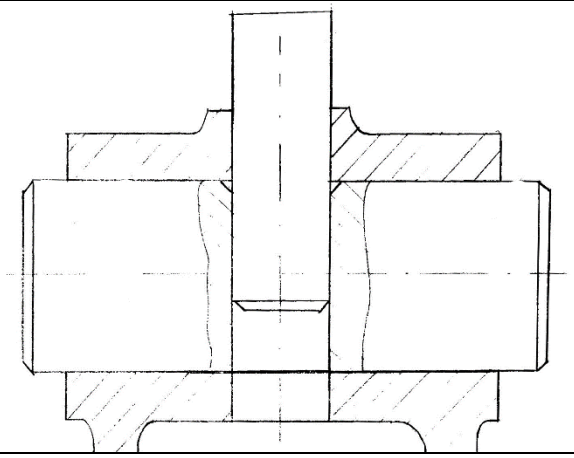
Витебский государственный технологический университет

Таблица Е.2 – Некоторые способы контроля неперпендикулярности

Схема контроля	Контролируемый параметр	Приспособления
1	2	3
	Перпендикулярность плоскостей	Угольник
		Угольник, измерительная головка
		Индикаторное приспособление
	Перпендикулярность оси отверстия относительно плоскости	Угольник

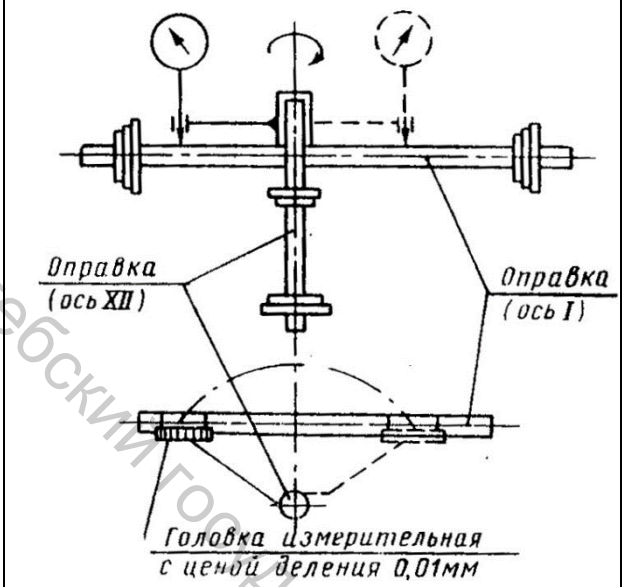
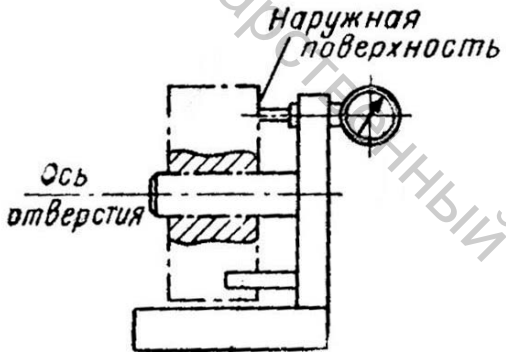
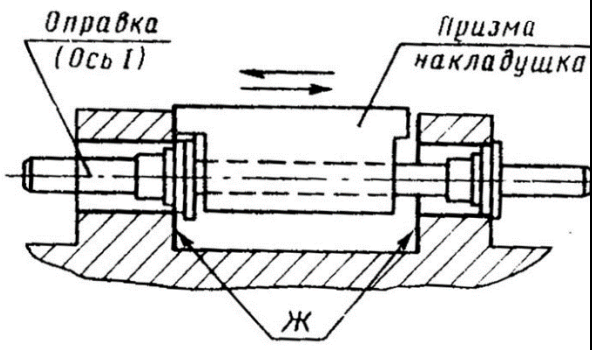
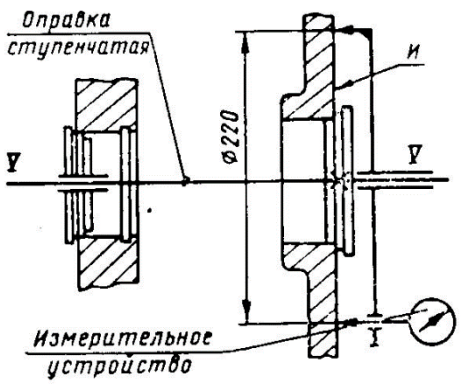
Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Е.2

1	2	3
	Перпендикулярность оси отверстия относительно плоскости	Индикаторное приспособление
	Перпендикулярность осей	Угольник, оправки
	Перпендикулярность осей	Индикаторное приспособление
	Перпендикулярность осей	Оправки

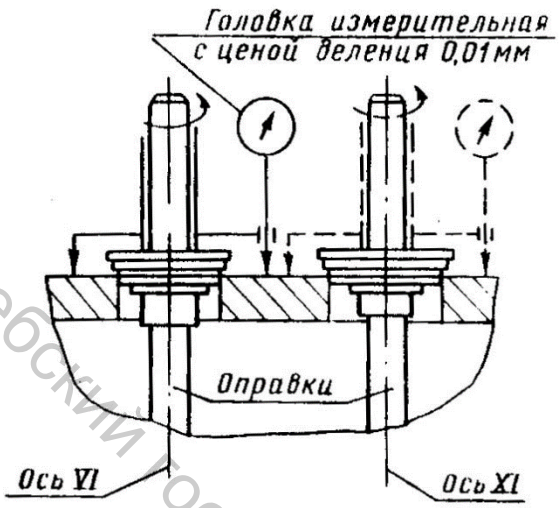
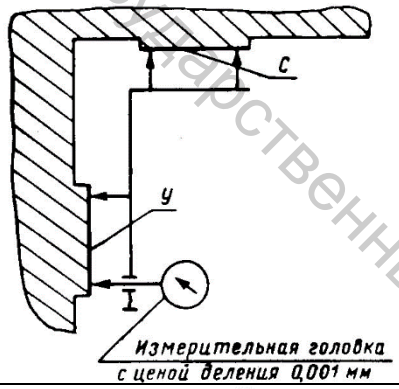
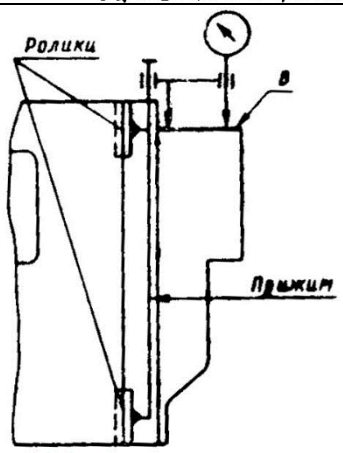
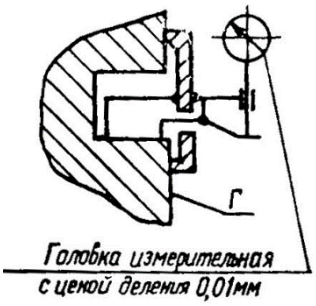
Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Е.2

1	2	3
	Перпендикулярность общей оси отверстий относительно общей оси отверстий	Оправки ступенчатые для нахождения осей, приспособление
	Перпендикулярность осей отверстия и наружной поверхности	Индикаторное приспособление
	Неперпендикулярность Ж относительно общей оси отверстия	Специальное (оправка, призма накладушка, набор щупов)
	Неперпендикулярность поверхности И относительно общей оси V	Оправка ступенчатая, приспособление

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Е.2

1	2	3
	Неперпендикулярность общих осей отверстий относительно Б	Оправки ступенчатые для нахождения осей, приспособление специальное
	Неперпендикулярность направляющих У относительно С	Специальное приспособление
	Неперпендикулярность плоскости В направляющим	Специальное приспособление
	Неперпендикулярность паза к плоскости Г	Специальное приспособление

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Е.2

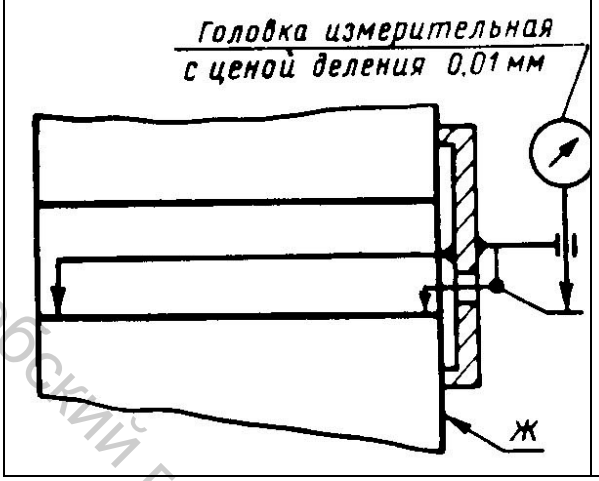
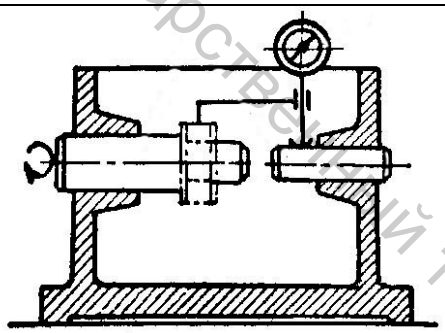
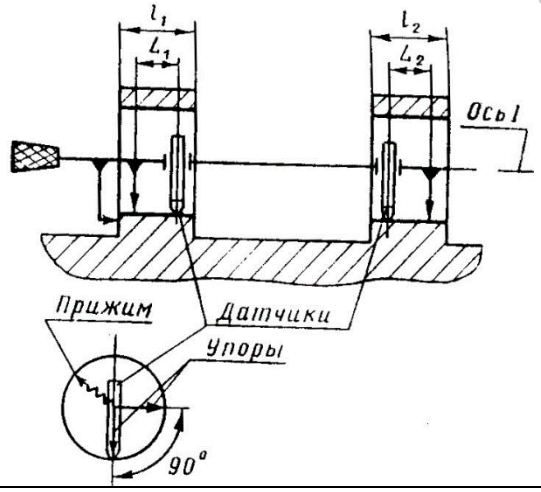
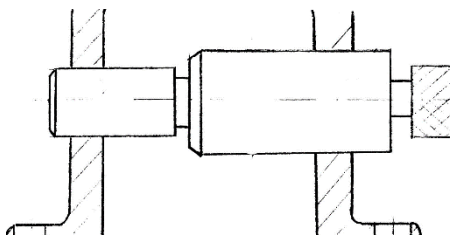
1	2	3
	Неперпендикулярность паза к плоскости Ж	Специальное приспособление

Таблица Е.3 – Некоторые способы контроля несоосности

1	2	3
	Внутренние поверхности	Индикаторное приспособление
	Несоосность отверстий относительно общей оси	Прибор для контроля соосности специальный
	Несоосность отверстий	Оправка

Витебский государственный технологический университет

Таблица Е.4 – Некоторые способы контроля непересечения поверхностей

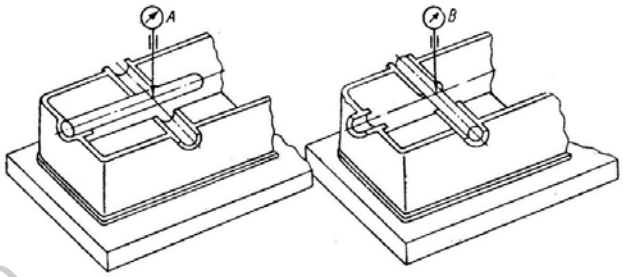
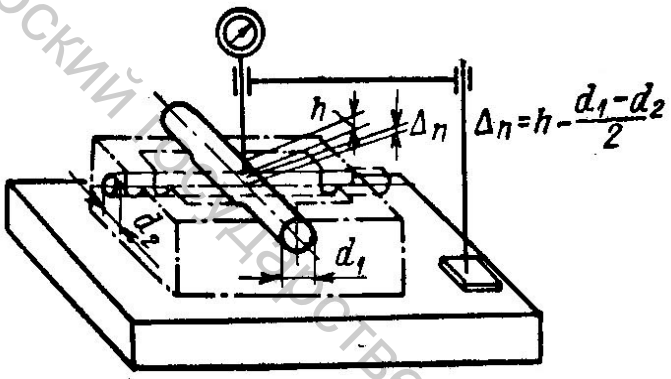
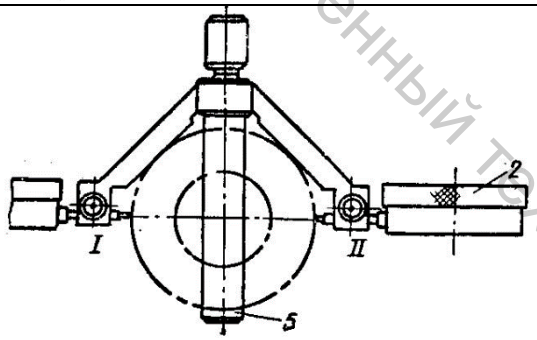
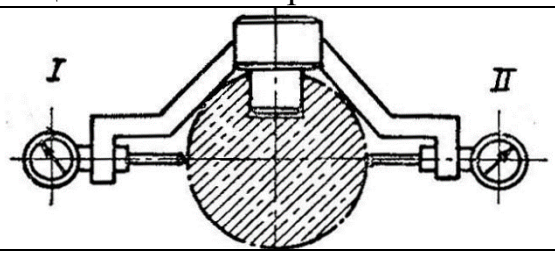
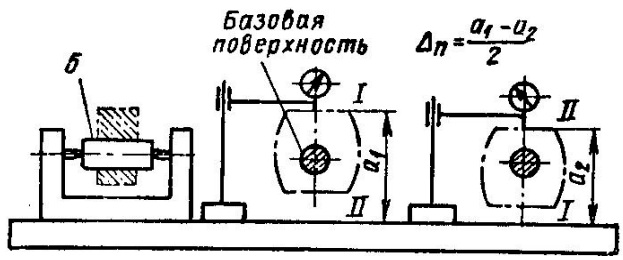
1	2	3
	Оси	Поверочная плита, оправки, измерительная головка
		
	Пересечение осей наружной и внутренней поверхности	Полуразность показаний измерительной головки в положениях I и II индикаторного приспособления

Таблица Е.5 – Некоторые способы контроля несимметричности

	Паз и наружная поверхность	
	Симметричность поверхностей	Оправка, центры

Витебский государственный технологический университет

Е.2 Некоторые стандартизованные средства измерения геометрических величин

Таблица Е.2.1 – Штангенинструменты

Измерительное средство	Цена деления шкалы, мм	Диапазон показаний шкалы, мм	Пределы измерения инструмента, мм	Предельные погрешности инструмента, мкм	Условное обозначение инструмента
Штангенциркули (ГОСТ 166-80) типов: ШЦ-I, ШЦТ-I ШЦ-II, ШЦ-Ш	0,1	125	0...125	±(150... 170)	ШЦ-I 125-0,1 ГОСТ 166-80
	0,05	160 200 250	0... 160 0...200 0...250	±50	ШЦ-II 250-0,05 ГОСТ 166-80
	0,1	160 200 250	0... 160 0...200 0...250	±70 ±70 ±80	
Штангенглубомер (ГОСТ162-80) типа ШГ	0,05	160 200 250 315 400	0...160 0...200 0...250 0...315 0...400	±50	ШГ-160 ГОСТ 162-80
Штангенрейсмас (ГОСТ 164-80)	0,05	250 400 630 1000 1600	0-250 40-400 60-630 100-1000 600-1600	±50	ШР-250 ГОСТ 164-80

Таблица Е.2.2 – Угломеры с нониусом

Тип	Цена деления шкалы, мм	Диапазон показаний шкалы, мм
УН ГОСТ 5378-66	2', 5'	Наружн. углы 0-180° Внутр. углы 40-180°
УМ ГОСТ 5378-66	2', 5', 15'	Наружн. углы 0-180°

Таблица Е.2.3 – Индикатор часового типа с зубчатой передачей

Тип прибора (ГОСТ 577-68)	Цена деления шкалы, мм	Пределы измерения прибором, мм	Предельные погрешности прибора во всем диапазоне, мкм	Измерительное усилие, Н
ИЧ, ИТ	0,01	0…2	10	1,5(0,4)
ИЧ	0,01 0,01 0,01	0...5 0...10 0...25	12 15 22	1,5(0,6) 1,5(0,6)

Витебский государственный технологический университет

Таблица Е.2.4 – Микрометрический инструмент

Измерительное средство	Цена деления шкалы, мм	Диапазон показаний шкалы, мм	Пределы измерения инструмента, мм	Предельная погрешность инструмента, мкм	Измерительное усилие, Н
Микрометры гладкие типа МК для измерения наружных размеров (ГОСТ 6507-78)	0,01	25	0...25 25...50 50...75 75... 100 и т.д.	±2,0 +2,5 ±2,5 +2,5	5...9
Нутромер микрометрический (тип НМ) (ГОСТ 10-75)	0,01	25 100 525 1100	50...75 75... 175 75 ...600 150... 1250 и т.д.	±4,0 ±6,0 ±15,0 ±20,0	—
Глубиномер микрометрический (ГОСТ 7470-78)	0,01	25	0...25 25... 50 50 ...75 75... 100 100... 125 125 ...150	+2,0 ±3,0 +3,0 +3,0 ±4,0 ±4,0	3...7

Таблица Е.2.5 – Рычажно-механические индикаторные нутромеры

Наименование и тип прибора	Цена деления шкалы, мм	Наибольшая глубина измерения, мм	Пределы измерения прибором, мм	Предел основной допускаемой погрешности в пределах всего перемещения измерительного стержня, мкм	Измерительное усилие, Н
Нутромеры по ГОСТ 868-82:					
НИ 10	0,01	60...100	6...10	8,0	2,5...4,5
НИ 18	0,01	130	10...18	12,0	4,0...7,0
НИ50А	0,01	150	18...50	12,0	4,0...7,0
НИ 100-1	0,01	200	50... 100	15,0	4,0... 7,0
…	…	…	…	…	…
	0,01	500	250 ...450	15,0	5…9
Нутромеры по ГОСТ 9244-75	0,001	12	2…3	±1,8	3,0
		20	3…6	+1,8	3,0
		30	6…10	±1,8	3,5
	0,002	100	10...18	±3,5	4,0
		150	18...50	±3,5	4,5
		200	50... 100	+3,5	7,0
		300	100... 160	+4,0	7,0
		300	160...250	±4,0	9,0

Витебский государственный технологический университет

Таблица Е.2.6 – Рычажно-зубчатые измерительные головки

Тип головки	Цена деления шкалы, мм	Диапазон измерения, мм	Измерительное усилие (колебание измерительного усилия), н	Предел основной допускаемой погрешности на всем диапазоне измерений, мкм	Условное обозначение головки
Головки по ГОСТ 5584-75: ИРБ, ИРТ	0,01	0,8	1...4	10,0	ИРБ ГОСТ 5584-75
Многооборотные (ГОСТ 9696-82):					
1 МИГ, 1 МИГП	0,001	1,0	2,0 (0,5)	2,5 1,8	1 МИГ ГОСТ 9696-82
2 МИГ, 2 МИГП	0,002	2,0	2,0 (0,70)	5,0 3,5	1 МИГП ГОСТ 9696-82

Таблица Е.2.7 – Рычажные скобы и рычажные микрометры

Наименование и тип прибора	Цена деления отсчетного устройства, мм	Диапазон показаний шкалы, мм	Пределы измерения прибором, мм	Предельные погрешности прибора, мкм	Сила измерения, Н
Рычажные скобы (ГОСТ 11098-75) типа СР	0,002	±0,14	0...25 25...50 50...75 75... 100 100... 125 125... 150	±0,2	6,0+1,0 б,0±1,0 8,0±2,0 8,0+2,0 8,0±2,0 8,0±2,0
Рычажные микрометры по ГОСТ (4381-80) типов:					
МР	0,002	±0,14	0...25 25...50 50...75 75... 100	±2,0 ±2,0 ±2,0 ±2,0	6,0+1,0
МРЗ	0,002	±0,14	0...20 20...45	+3,0 +3,0	6,0+1,0
МРИ	0,002	±0,10	100... 125 125...150 150...200 200...250 и т.д.	+4,0 +4,0 ±4,0 ±5,0	8,0+1,0

Витебский государственный технологический университет

Таблица Е.2.8 – Приборы с пружинной передачей

Наименование и тип прибора	Цена деления шкалы, мкм	Диапазон измерения (не менее), мкм	Измерительное усилие, Н (для головок ИГПУ, ИПМУ)	Предел регулирования измерительного усилия, Н	Предел допускаемой погрешности на любом участке шкалы до 30 делений, мкм
Измерительные пружинные головки по ГОСТ 6933-81 типов: ИГП, ИГПУ	0,1 0,2 0,5 1,0 2,0 5,0 10,0	+4,0 ±6,0 +15,0 +30,0 +60,0 +150,0 ±300,0	1,5(0,5) 1,5(0,5) 1,5(0,5) 2,0 (0,5) 2,0 (2,0) 3,0 (3,0) 3,0 (3,0)	0.-1,5 0...1.5 0...1.5 — — — —	0,1 0,15 0,25 0,4 0,8 2,0 3,0
Микаторы ГОСТ 14712–79 типов: ИПМ, ИПМУ	0,2 0,5 1,0 2,0	+10,0 +25,0 ±50,0 +100,0	1,0 (0,5) 1,5(0,5) 1,5(0,5) 1,5(0,5)	— — — —	0,15 0,30 0,50 1,0
Миникаторы ГОСТ 14711-69	1,0 2,0	±40 ±80	0,2 0,3	—	0,5 1,0

Таблица Е.2.9 – Оптико-механические приборы

Наименование и тип прибора	Цена деления шкалы, мкм	Пределы измерения по шкале, мкм	Пределы допускаемой погрешности на любом участке шкалы в пределах 100 делений, мкм	Наибольшее измерительное усилие (колебание измерительного усилия), Н	Вариация показаний, мкм
Оптикаторы (ГОСТ 10593-74):					
01П	0,1	24	±0,05	1,5 (0,3... 0,5)	0,03
02 П	0,2	50	±0,1	1,5(0,3...0,5)	0,06
05П	0,5	100	±0,2	1,5 (0,3...0,5)	0,15
1П	1,0	250	±0,4	1,5(0,3...0,5)	0,30
Оптиметры (ГОСТ 5405-75):					
ОВ-100	0,2	+25	±(0,07...0,1)	2,0	0,02
ОВ-200	1,0	±100	±(0,2...0,3)	2,0	0,1
ОГ-500	1,0	±100	±(0,2...0,3)	2,0	0,1
Ультраоптиметры ИКП-2	0,2	±25 ±83	±0,1 ±0,1	0,5... 1,5 0,5... 1,5	— —
Оптические длиномеры (ГОСТ14028-68):					
ДВО	1,0	0...100 мм	(1,4+1/100)	2,0	0,4
ДВЭ	1,0	0...100 мм	(1,4+1/100)	2,0	0,4
ДГЭх	1,0	0...100 мм	(1,4+1/100)	2,5	0,4

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Е.2.9

Измерительные машины (ГОСТ 10875-76): ИЗМ-1 ИЗМ-2 ИЗМ-4	Для метровой шкалы –100 мм, для стомиллиметровой шкалы –1 мм,	Верхний предел измерения: 1м 2м 4м	$\pm(0{,}4+4 \cdot 10^3 L)$ $\pm(0{,}4+4\text{-}10^3 L)$ $\pm(0{,}4+4\ 10^3 L)$	2,0±0,5 2,0±0,5 2,0±0,5	0 , 2 – для наружных размеров, 1 , 0 – для внутренних разме-
Интерферометр мод. 264 (вертикальный)	0,05 0,1 0,2	±2,5 ±5,0 ±10,0	±0,05 ±0,08 ±0,10	1,5±0,10(0,02) 1,5+0,10 (0,02) 1,5±0Д 0(0,02)	0,02 0,03 0,04

Таблица Е.2.10 – Микроскопы

Тип микроскопа	Верхние пределы		Диапазон измерения плоских углов, °	Линейное увеличение объективов визирного микроскопа	Цена деления шкалы барабанов микрометрических голо-	Цена деления шкалы наклона линии центров	Максимальный диаметр проверяемого изде-	Цена деления шкалы угломерной головки	Предел основной допускаемой погрешности микроскопа в диапазоне измерений, мкм
	в продольном направлении	в поперечном направлении							
ИМ 100х50, А ИМЦ	100	50	0...360	1;3;5;10; 20;40"	0,005	15'	85	1'	
100х50, А ИМ	100	50	0...360		–	15'	85	1'	0…25мм±
150х50, А ИМЦ	150	50	0...360	1;3;5;10;20; 40"	0,005	15'	85	1'	3мкм
150х50, А ИМ	150	50	0...360		–	15'	85	1'	
150х50, Б ИМЦЛ	150	50	0...360	1;3;5;10;20; 40"	0,005	15'	85	1'	0…50мм±
160х80,Б	160	80	0...360		–	–	85	1'	5мкм
				1; 1,5; 3,0; 5,0"					
УИМ-200 УИМ-200Э	200	100	0...360	10; 15; 30; 50"	0,001		100	1'	
УИМ-500Э	200	100	0...360	10; 15; 30; 50"	0,001	—	100	1'	±(6+L/70)
	500	200	0...360	10; 20; 30"	0,001		200	1'	

Таблица Е.2.11 – Оптические линейки

Типоразмер	Наибольшая длина контролируемого участка поверхности, мм	Диапазон измеряемых отклонений с отсчетного и регистрирующего устройства, мм	Пределы дополнительной погрешности прибора, мкм	Цена деления отсчетного устройства, мкм	Измерительное усилие наконечника
ОЛ-800	До 800	±(0,2...0,05)	±(0,5 + 3 *И)*	0,5	7,0
ОЛ-1600	1600	+(0,4...0,1)	±(1,0 +10 *К)*	1,0	7,0
ОЛА-800	800	±(0,025...0,1)	±(1,2 + 10 *И)*	—	18,0
ОЛБ-800	800	±(0,2 ...0,5)	±(0,5 + 3 А)	0,5	—
ОЛУ-800	800	±(0,2 ...0,05)	+(0,5 + 3 *И)*	0,5	7,0

Витебский государственный технологический университет

Таблица Е.2.12 – Оптические приборы

Наименование и тип прибора	Цена деления основной шкалы (нониуса)	Цена деления отсчетного устройства	Увеличение отсчетного микроскопа	Поле зрения	Пределы показаний шкалы	Пределы измерения прибором	Предельные погрешности прибора (отсчетного устройства)
Проекторы измерительные (ГОСТ 19795-82): ПИ-ЦВ ПИ-ЦГ ПИ-В ПИ-Г	Линейной: 0,001; 0,002; 0,005; 0,01 мм; угловой: 2'; 3'; 5'	Дискретного цифрового отсчета: 0,0005; 0,001 мм	10; 20; 50; 100; 200* 200	—	—	В продольном 0…100 мм, в поперечном 0…50 мм, в вертикальном 0…100 мм	±0,005 мм
Оптические делительные головки (ГОСТ 9016-77): ОДГЭ-1 ОДГЭ-2 ОДГЭ-5 ОДГЭ-20	1" 2" 5" 20"	Основного лимба 1°	–	–	–	О0..36О°	±(1+sina/2) ±(2+2 π sina/2) ± (5+ 5 π sina/2) ±20"
Оптический угломер (ГОСТ 11197-73)	1°	Минутной шкалы 5'	40*	—	—	0...180"	
Автоколлиматоры визуальные (ГОСТ 11899-77): АК-0,2У АК-0,5У АК-1У АК-60	Минутной: 0,25' 0,5' 1" 1'	Секундной шкалы: 0,2" 0,5" – 1"	(60±6)* (30±3)* (15±2)* (8±1)*	(1+0,1)° (2±0,2)° (4+0,4)° (8+0,8)°	Предел разрешающей способности 2,8" 4" 6" 10"	10' 20' 40' 120'	1,5" 3,0" 8,0" 90,0"
Компараторы: ИЗА-2 ИЗА-7 ИЗА-8	Линейной: 1 мм 1 мм 1 мм	1 мкм 1 мкм 0,1 мкм	1...60*	2,3...17 мм	—	0…200 мм 0... 200 мм 1... 200 мм	±(0,9+L/(300-4L)) ±0,5мкм ±(0,5±5L)
Катетометр (ГОСТ 19719-74) типов: В, У	Цена деления ампул круглых уровней 5'	0,01 мм	Не менее 2,5*		Предел разрешения трубы 6"	40; 80; 160; 320; 630; 1250	Для отсчетного устройства ±3мкм

Витебский государственный технологический университет

Таблица Е.2.13 – Калибры для контроля гладких цилиндрических изделий

Наименование	ГОСТ
Двусторонние пробки с разрезными втулками и цилиндрическими вставками диаметром от 0,1 до 0,95 мм	ГОСТ 14807—69; ГОСТ 14827—69, ГОСТ 17736—72 ; ГОСТ 17742—72; ГОСТ 16778—71; ГОСТ 16780—71.
Двусторонние пробки с цилиндрическими вставками диаметром от 0,3 до 6 мм;	
Проходные и непроходные пробки с цилиндрическими вставками диаметром от 0,3 до 6 мм	
Двусторонние пробки со вставками (с коническим хвостовиком) диаметром св. 3 до 50 мм	
Двусторонние с неполными непроходными вставками (с коническим хвостовиком) диаметром св. 6 до 50 мм (для контроля отверстий 1—3-го классов точности)	
Проходные и непроходные полные и неполные (для контроля отверстий 1—3-го классов точности) пробки со вставками (с коническим хвостовиком) диаметром св. 50 до 75 мм;	
Проходные и непроходные полные и неполные (для контроля отверстий 1—3-го классов точности) пробки с насадками диаметром св. 50 до 100 мм	
Штампованные проходные и непроходные пробки с насадками диаметром св. 50 до 100 мм	
Штампованные пробки проходные диаметром св. 100 до 160 мм и непроходные — св. 75 до 160 мм	
Неполные пробки проходные диаметром св. 100 до 300 мм, непроходные диаметром св. 75 до 300 мм	
Неполные пробки проходные и непроходные с накладками диаметром св. 160 до 360 мм	
Односторонние листовые пробки диаметром св. 50 до 250 мм (для контроля отверстий 3-го и более грубых классов точности)	
Нутромеры непроходные сферические диаметром св. 100 до 360 мм.	
Скобы составные односторонние и двусторонние для диаметров от 1 до 6 мм	ГОСТ 2216—68; ГОСТ 18355—73; ГОСТ 18368—73.
Скобы листовые двусторонние для диам. от 3 до 10 мм	
Скобы листовые односторонние для диам. от 3 до 260 мм	
Скобы листовые односторонние со сменными губками для диаметров св. 100 до 360 мм	
Скобы штампованные для диаметров св. 10 до 180 мм	
Скобы листовые односторонние и двусторонние для длин св. 10 до 360 мм	
Скобы трубчатые для длин св. 300 до 500 мм	
Скобы регулир. двухпредельные для диам. до 340 мм	

Таблица Е.2.14 – Калибры для контроля размеров глубин и высот уступов

Наименование	ГОСТ
Калибры для метода «световой щели»	ГОСТ 2534—67,
Калибры для метода «надвигания»	
Калибры для метода «осязания»	
Калибры для метода «по рискам»	

Витебский государственный технологический университет

Таблица Е.2.15 – Калибры для контроля шлицевых и шпоночных соединений

Наименование	ГОСТ
Калибры для отверстий и валов с прямобочным профилем шлицев	ГОСТ 7951—59
Специальные комплексные шлицевые калибры – пробки и кольца	
Калибры для отверстий и валов с эвольвентным профилем шлицев	ГОСТ 7951—59
Калибры предельные для контроля толщины зубьев и ширины впадин	
Калибры для контроля ширины шпоночного паза (пластина)	
Пробка со ступенчатой шпонкой,	
Пробка со шпонкой для контроля ассиметрии паза	
Накладная призма со стержнем для контроля ассимметрии шпоночного паза	

Таблица Е.2.16 – Калибры для контроля резьб

Пробки резьбовые со вставками, насадками, ручками со стороны торца	ГОСТ 17756—72 … ГОСТ 17762—72
Кольца резьбовые нерегулируемые и регулируемые	ГОСТ 17763—72 … ГОСТ 17766—72
Скобы резьбовые роликовые регулируемые	
Скобы резьбовые с конической и призматической вставками	

Таблица Е.2.17 – Синусные линейки

Без опорной плиты с одним наклоном	ГОСТ 4046-71
С опорной плитой с одним наклоном	
С двумя опорными плитами с двойным наклоном	

Таблица Е.2.18 – Конусомеры

Цилиндры	
Аттестационные шарики	
Конусомер Тип 1 (внутренние конусы)	ГОСТ 12070-66
Конусомер Тип 2 (наружные конусы)	

Таблица Е.2.19 – Кругломеры

Кругломер КН (вращается наконечник)	ГОСТ 17353-71
Кругломер КД (вращается деталь)	

Таблица Е.2.20 – Приборы для измерения шероховатости

Оптически прибор принцип светового сечения (ПСС)	ГОСТ 9847-61
Оптический прибор теневой проекции (ПТС)	ГОСТ 9847-61
Оптический прибор интерференции (МИИ)	ГОСТ 9847-61
Растровый микроскоп ОРИМ	
Профилограф-профилометр	

Витебский государственный технологический университет

Приложение Ж
Весовые коэффициенты критериев выбора метода изготовления поковки и классы точности и допуски на отливки

Таблица Ж. 1 – Весовые коэффициенты критериев выбора метода изготовления поковки

Номер и наименование критерия выбора	Уровень градации и значение критерия выбора	Способ изготовления заготовки									
		СК	СКП	ШТ	ГКМ	ВД	РК	ХШ	ХВ	ВП	КП
1.Тип производства	1. Мелкосерийное 2. Серийное 3.Крупносерийное	2 1 0	2 2 0	0 1 2	0 0 2	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 1 2	0 0 1	0 0 1
2. Материал	1. Сталь 1 гр. 2. Сталь 2 гр. 3. Цвет. спл.	1 1 0	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1
3. Форма	1. Круглые стержни 2. Втулки 3. Диски 4. Некруглые стержни	1 1 1 1	1 1 1 1	1 2 2 2	1 2 1 0	0 2 1 0	2 0 0 0	0 1 1 1	2 0 0 0	2 0 0 0	2 1 0 0
4. Масса, кг	1. До 10 2. 10…30 3. 30…60 4. 60…120	1 1 1 2	2 2 2 1	2 1 1 0	2 1 1 0	2 1 0 0	2 1 0 0	1 1 0 0	2 0 0 0	1 1 1 0	1 1 0 0
5. Группа сложности значения С	1. 0,63…1 2. 0,36…0,63 3. 0,16…0,36 4. менее 0,16	1 1 1 1	1 1 1 1	1 2 1 1	0 2 2 1	1 1 0 0	1 1 0 0	1 1 0 0	1 1 0 0	1 0 0 0	1 1 0 0
6.Максимальный габаритный размер	1. До 25 2. 25…50 3. 50…120 4. 120…400 5. 400…1600	0 0 1 1 2	0 0 1 2 2	2 2 2 1 0	0 1 2 1 0	1 2 0 0 0	1 2 2 1 0	1 1 1 0 0	2 2 1 0 0	1 2 2 1 1	2 2 1 0 0
7. Квалитет точности поковки	1. 20…19 2. 18…16 3. 15…13 4. 12…10 5. 9…8	2 1 0 0 0	2 1 0 0 0	0 2 1 0 0	0 2 1 0 0	0 2 1 1 0	0 1 2 1 1	0 1 2 1 0	0 0 2 1 0	0 2 1 1 0	0 2 1 0 0
8. Показатель шероховатости поковки, R*a*	1. Больше 25 2. 12,5…6,3 3. 6,3…3,2 4. 3,2…1,6 5. 1,6…0,8	2 1 0 0 0	2 1 0 0 0	1 2 0 0 0	1 2 0 0 0	0 2 1 0 0	1 2 1 0 0	0 2 1 0 0	0 1 2 1 0	0 1 2 1 0	0 2 2 0 0

Обозначения методов: 1) свободная ковка – СК, 2) свободная ковка в подкладной оснастке – СП, 3) штамповка в открытых и закрытых штампах – ШТ, 4) штамповка на горизонтально-ковочной машине – ГКМ, 5) штамповка выдавливанием – ВД, 6) ротационная ковка – РК, 7) холодная штамповка – ХШ, 8) холодная высадка – ХВ, 9) поперечно-винтовая прокатка – ВП, 10) поперечно-клиновая прокатка КП

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ж.2 – Классы точности размеров и масс отливок для различных способов литья (по ГОСТ 26645 — 85)

Литье	Наибольшие габаритные размеры отливки, мм	Металлы и сплавы		
		цветные с температурой плавления ниже 700 °С	цветные с температурой плавления выше 700 °С, серый чугун	ковкий, высокопрочный и легированный чугун, сталь
Под давлением в металлические формы	До 100	3т-5	3-6	4-7т
	Св. 100	3-6	4-7т	5т-7
В керамические формы и по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	3-6	4-7т	5т-7
	Св. 10	4-7	5т-7	5-8
В кокиль и под низким давлением в металлические формы с песчаными стержнями и без них, литье в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	До 100	4-9	5т-10	5-11т
	Св. 100 до 630	5т-10	5-11т	6-11
	Св. 630	5-11т	6-11	7т-12
В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой, центробежное, в сварные и сухие песчано-глинистые формы	До 630	6-11	7т-12	7-13т
	Св. 630 до 4000	7-12	8-13т	9т-13
	Св. 4000	8 —13т	9т-13	9-14

Примечания:

1. Меньшие значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; большие значения — к сложным, мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам; средние значения — к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

2. Классы точности масс следует принимать соответствующими классам точности отливок.

Витебский государственный технологический университет

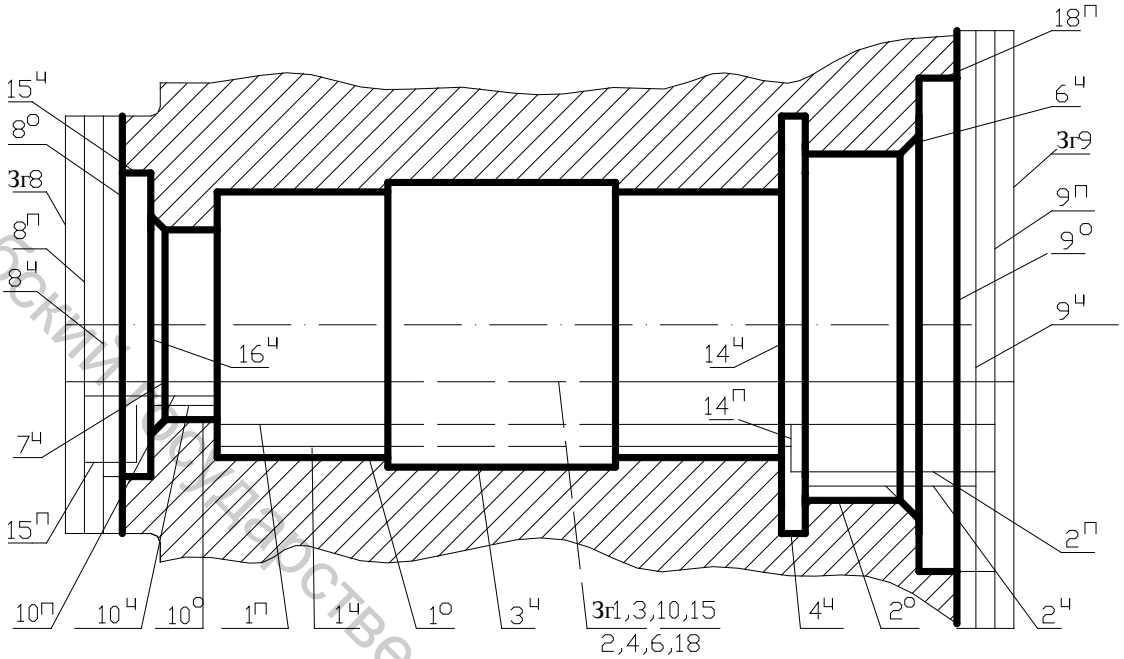
Таблица Ж.3 – Допуски линейных размеров отливок (мм, не более) по ГОСТ26645-85

Интервалы номинальных	Класс точности размеров отливок																					
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	–	–	–	–	–	–
Св. 4 до 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	–	–	–	–	–
» 6 » 10	0,0	0,1	0,12	0,1	0,2	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	–	–	–
» 10 » 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	–	–
» 16 » 25	0,1	0,12	0,1	0,2	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12
» 25 » 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14
» 40 » 63	0,12	0,1	0,2	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
» 63 » 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
» 100 » 160	0,1	0,2	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20
» 160 » 250	–	–	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	22
» 250 » 400	–	–	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24
» 400 » 630	–	–	–	–	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	22	28
» 630 » 1000	–	–	–	–	–	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24	32
» 1000 » 1600	–	–	–	–	–	–	–	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	22	28	36
» 1600 » 2500	–	–	–	–	–	–	–	–	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24	32	40
» 2500 » 4000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,2	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	22	28	36	44
» 4000 » 6300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24	32	40	50
» 6300 » 10000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,0	10	12	16	20	24	32	40	50	64

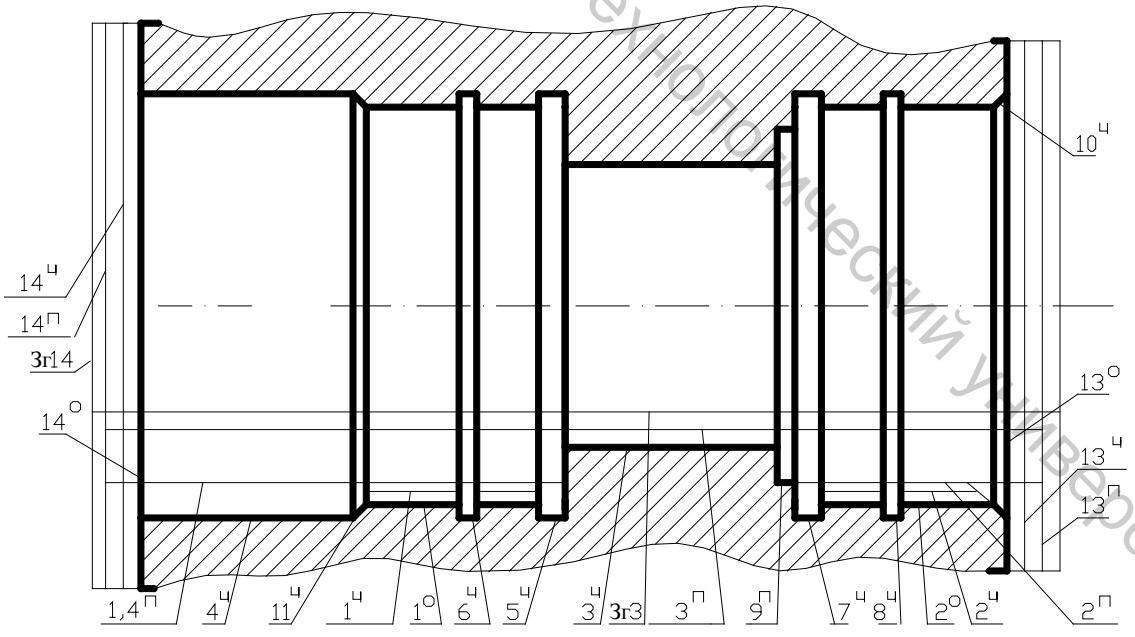
Примечания: 1. Классы точности размеров отливок — см. таблицу Ж.2. 2. Допуски размеров, указанные в таблице Ж.2, не учитывают смещение и коробление отливок. 3. Допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами, перпендикулярными к плоскости разъема, следует устанавливать соответствующими классу точности размеров отливки. 4. Допуски размеров элементов отливки, образованных одной частью формы или одним стержнем, устанавливают на 1-2 класса точнее. 5. Допуски размеров элементов, образованных тремя частями формы и более, несколькими стержнями или подвижными элементами формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев устанавливают на 1 – 2 класса грубее. 6. Допуски размеров от предварительно обработанной поверхности, используемой в качестве базы, до литой поверхности следует устанавливать на 2 класса точнее. 7. Допускается устанавливать симметричные и несимметричные предельные отклонения, при этом предпочтительно следующее расположение полей допусков: несимметричные односторонние «в тело» — для размеров элементов отливки (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке, при этом для охватывающих элементов (отверстие) поле допуска располагают «в плюс», а для охватываемых элементов (вал) – «в минус»; симметричные – для размеров всех остальных элементов отливок, как не подвергаемых, так и подвергаемых механической обработке.

Витебский государственный технологический университет

Приложение И
Схемы распределения припуска по этапам типовой схемы обработки некоторых ФМ

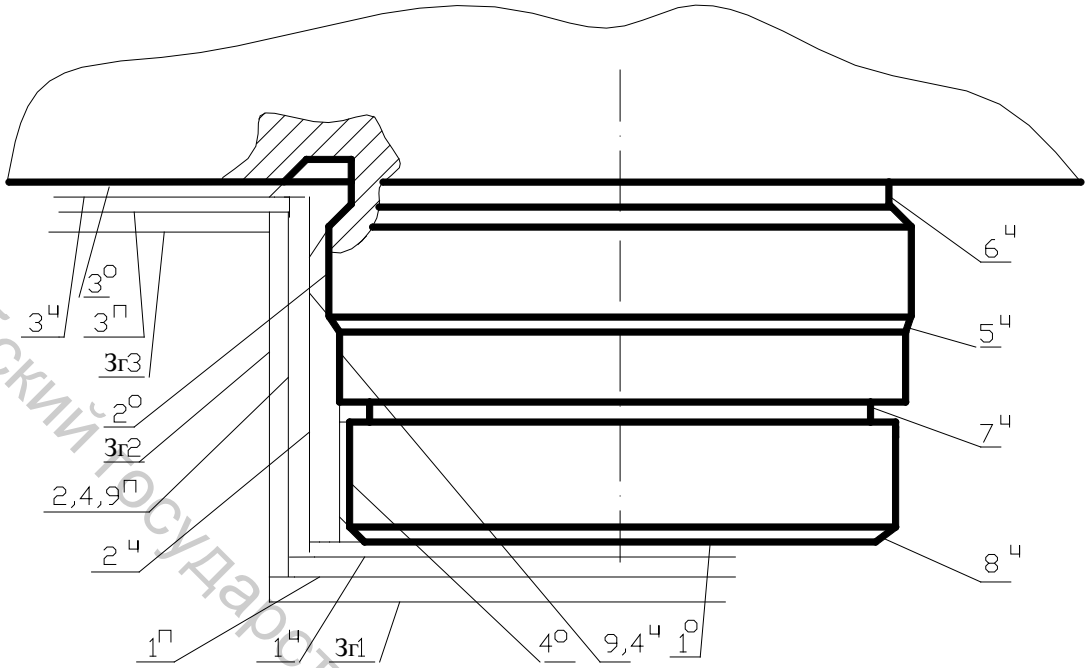


ОВБ1

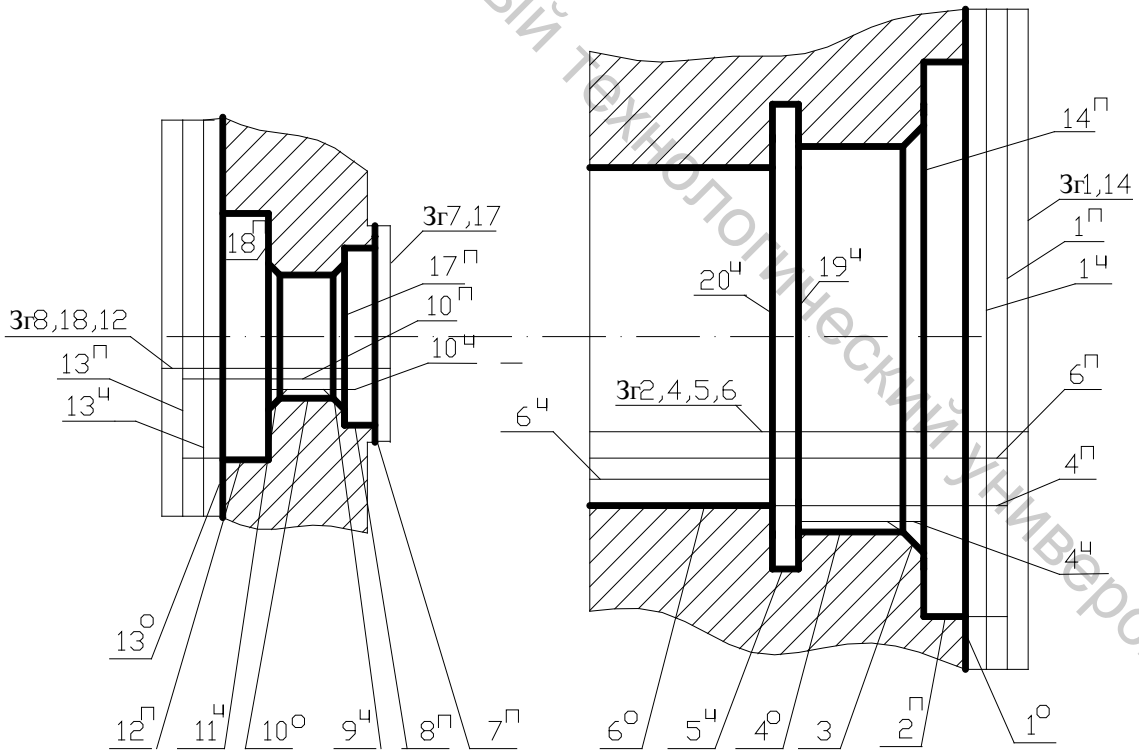


ОВБ2

Витебский государственный технологический университет

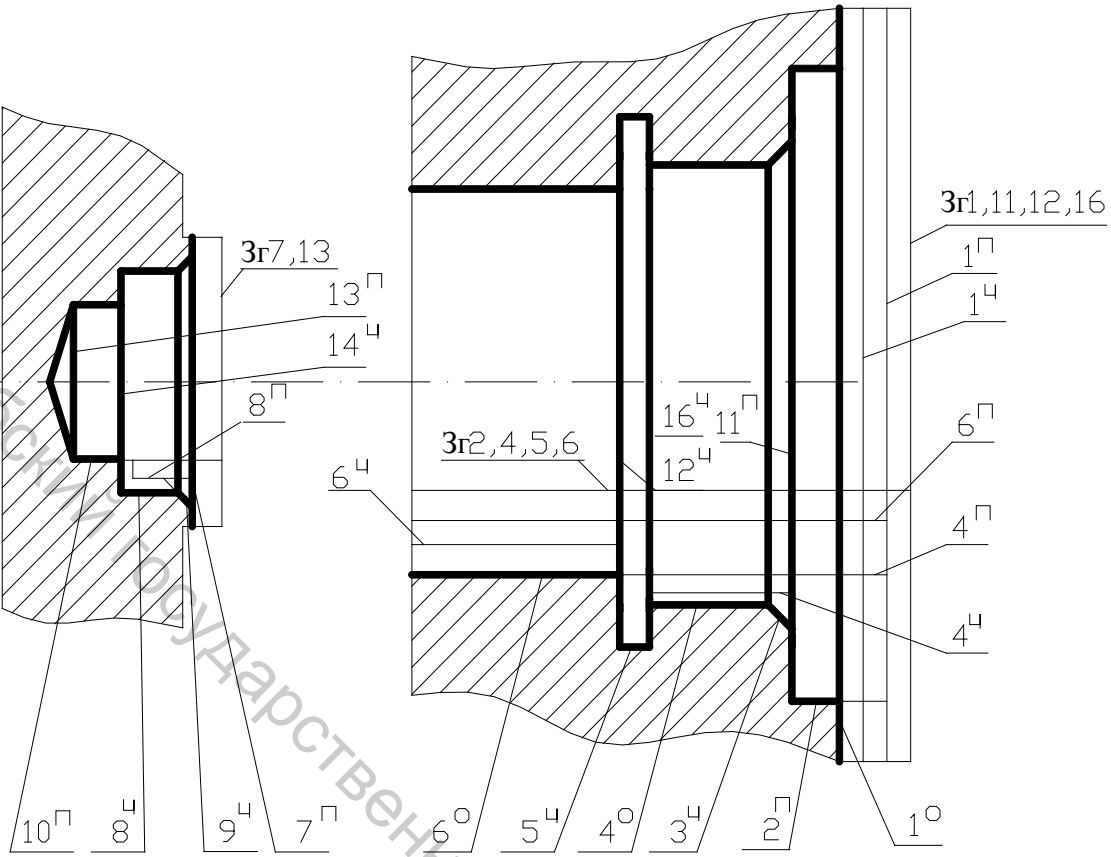


ОВБ3

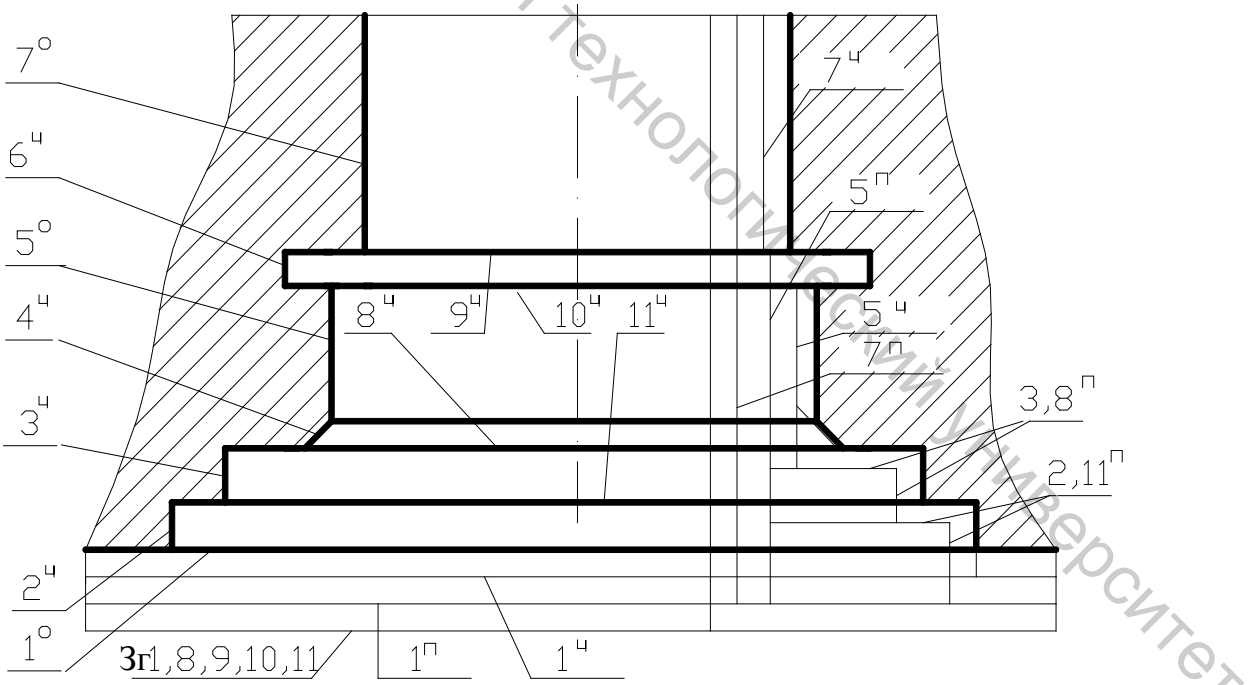


ОВБ4

Витебский государственный технологический университет

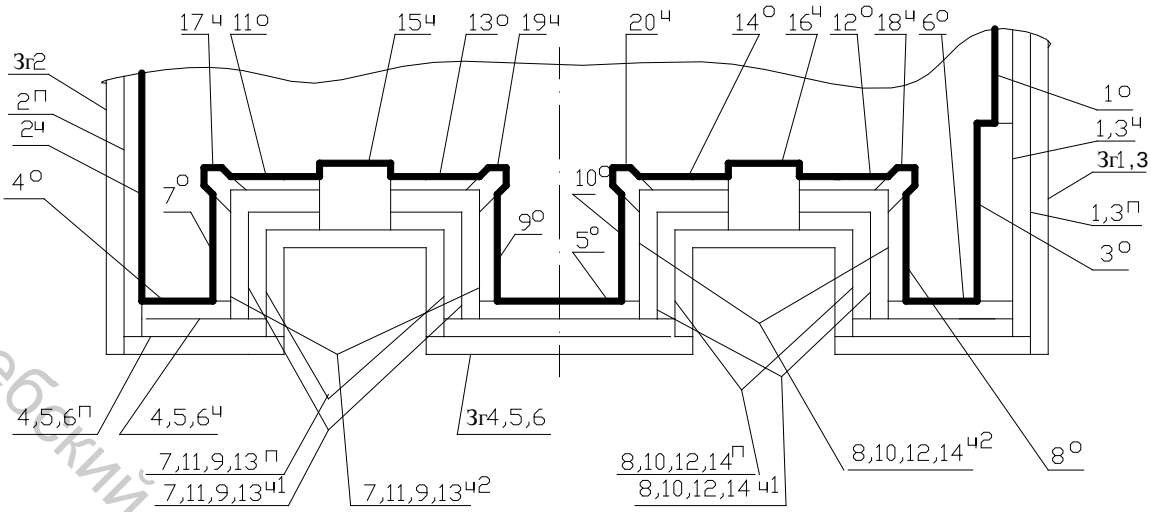


ОВБ5

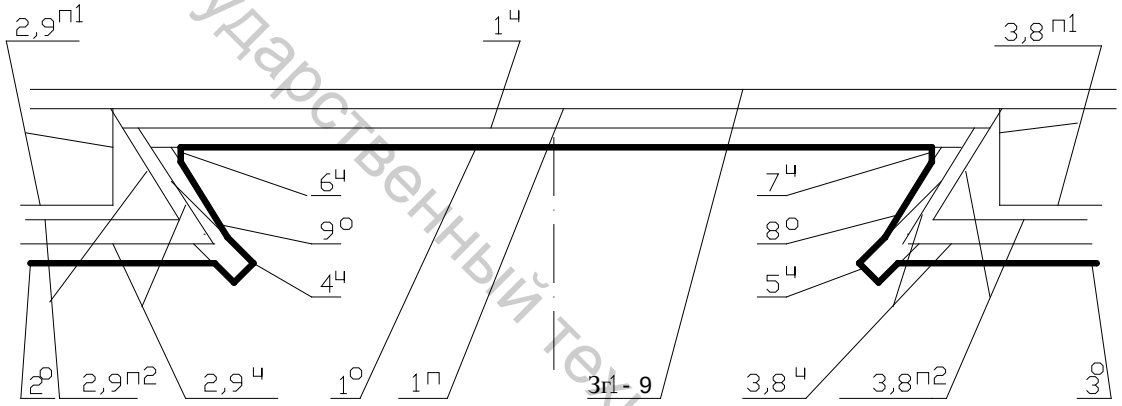


ОВБ6

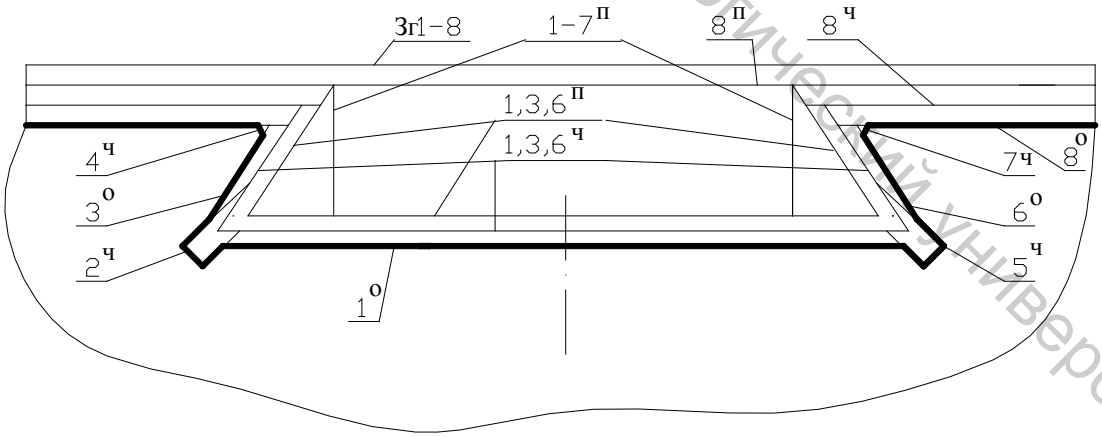
Витебский государственный технологический университет



ОВБ7

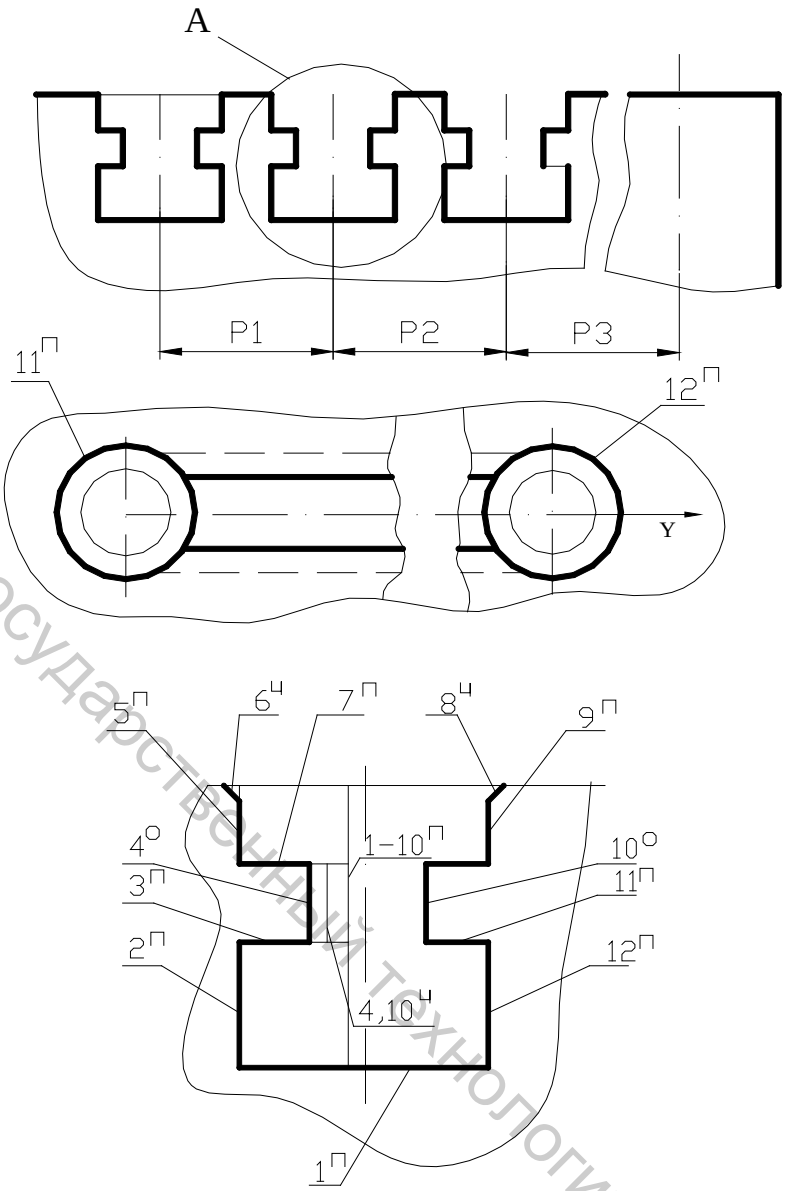


ОВБ8

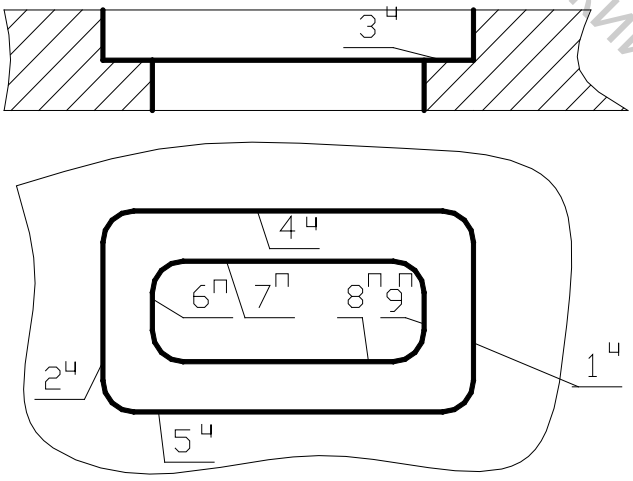


ОВБ9

Витебский государственный технологический университет

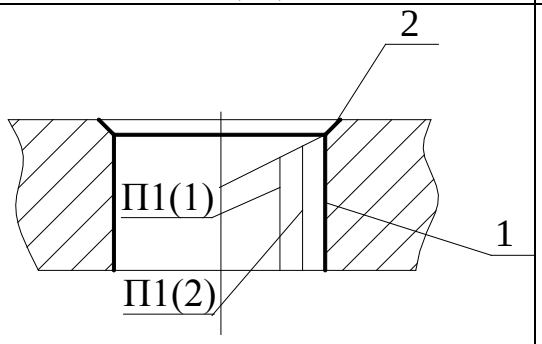
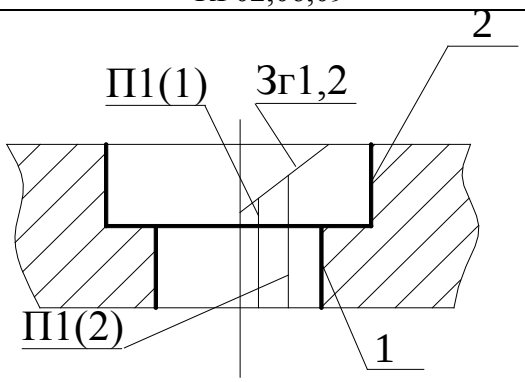
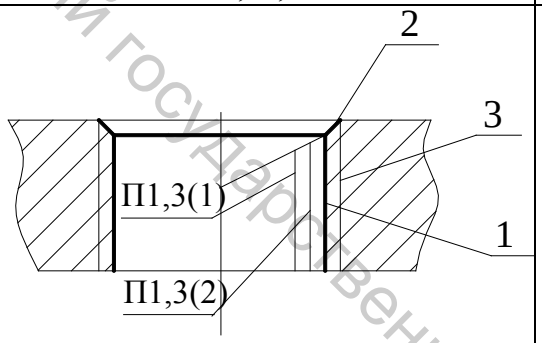
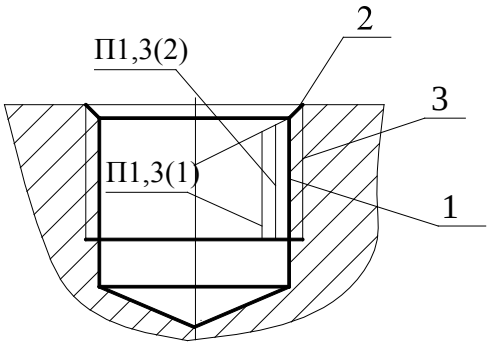


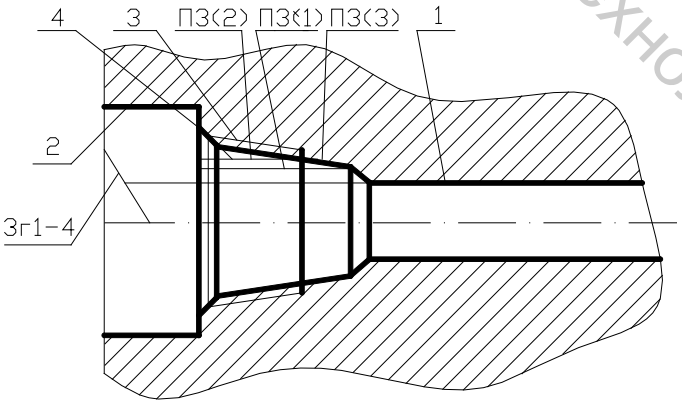
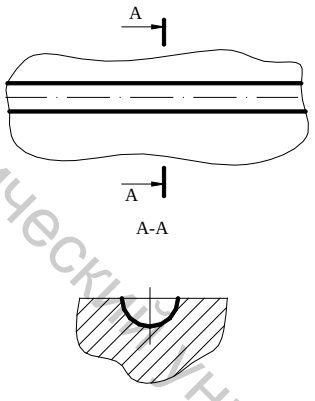
ОВБ10



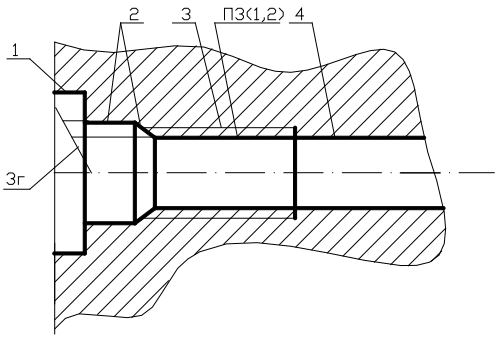
ОВБ11

Витебский государственный технологический университет

КР 01,05,08	КР02,06,09
	
КР 03,07,10	КР04,08,11
	

КМ1	КМ2
	

КМ3



Витебский государственный технологический университет

Приложение К

Таблица К.1 – Технологические регламенты обработки некоторых ФМ

	ТР ОВБ1 (отверстие пролито)			
1	$9^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
2	$1^{П}$	0101 РСТПрр	0110(1)	1
3	$2,14^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
4	$18^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
5	$8^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
6	$10^{П}$	0101 РСТПрр	0110	1
7	$15,16^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
8	$9^{Ч}$	0212 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	4-5
9	$1^{Ч}$	0102 РСТПрр	0110(1)	4-5
10	$3^{Ч}$	0102 РСТПрр	0110	4-5
11	$2,14^{Ч}$	0102 РСТПрр	0110(1,2)	4-5
12	$6^{Ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0110	4-5
13	$4^{Ч}$	0234 ФРЗПзД 0044 РСТПо	0504	4-5
14	$8^{Ч}$	0212 ФРЗПлТ 0052 ПОДТ	0510 0110	4-5
15	$10^{Ч}$	0102 РСТПрр	0110	4-5
16	$15,16^{Ч}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	4-5
17	$7^{Ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0110	4-5
18	$9^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
19	$1^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110(1) 0701	6
20	$2^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110(1,2) 0701	6
21	$8^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
22	$10^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110 0701	6

В том случае, если отверстие не пролито, то добавляются переходы 0204 ЦЕНТР, 0131 СВР, 0144 РСВР

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы К.1

	ТР ОВБ2 (отверстие пролито)			
1	$13^{П}$	0211 РЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
2	$3^{П}$	0101 РСТПрр	0110(1)	1
3	$2,9^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
4	$14^{П}$	0101 РСТПрр	0110(1)	1
5	$1,4^{П}$	0101 РСТПрр 0110 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
6	$13^{Ч}$	0212 РЗПлТ 0052 ПОДТ	0510 0110	4-5
7	$3^{Ч}$	0102 РСТПрр	0110(1)	4-5
8	$2^{Ч}$	0102 РСТПрр	0110(1)	4-5
9	$7^{Ч}$	0234 ФРЗПзД 0044 РСТПо	0504	4-5
10	$8^{Ч}$	0234 ФРЗПзД 0044 РСТПо	0504	4-5
11	$10^{Ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0110	4-5
12	$14^{Ч}$	0212 РЗПлТ 0052 ПОДТ	0510 0110	4-5
13	$4^{Ч}$	0104 РСТПрр	0110(1)	4-5
14	$1^{Ч}$	0102 РСТПрр	0110(1)	4-5
15	$6^{Ч}$	0234 ФРЗПзД 0044 РСТПо	0504	4-5
16	$5^{Ч}$	0234 ФРЗПзД 0044 РСТПо	0504	4-5
17	$13^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
18	$2^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110 0701	6
19	$14^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
20	$1^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110 0701	6
	ТР ОВБ3			
1	$1^{П}$	0051 ПОДТ	0103 (0101)	1
2	$3^{П}$	0051 ПОДТ	0103 (0101)	1
3	$2,4,9^{П}$	0011 ОБТПр	0101 (0102)	1
4	$1^{Ч}$	0052 ПОДТ	0103 (0101)	4-5
5	$3^{Ч}$	0052 ПОДТ	0103 (0101)	4-5
6	$2^{Ч}$	0012 ОБТПр	0102 (0101)	4-5
7	$4,9,5^{Ч}$	0012 ОБТПр	0101 (0102)	4-5
8	$8^{Ч}$	0014 ОБТПр	0101 (0102)	4-5
9	$6^{Ч}$	0024 ОБТПо	0106	4-5
10	$7^{Ч}$	0024 ОБТПо	0106	4-5
11	$1^{О}$	0053 ПОДТ	0103 (0101)	6
12	$3^{О}$	0053 ПОДТ	0103 (0101)	6

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы К.1

13	$2^{О}$	0013 ОБТПр	0102 (0101)	6
14	$4^{О}$	0013 ОБТПр	0102 (0101)	6
	ТР ОВБ4			
1	$1^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
2	$6^{П}$	0101 РСТПрр	0110(1)	1
3	$7^{П}$	0051 ПОДТ	0110	1
4	$8,17^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
5	$4^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
6	$2,14^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
7	$13^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
8	$10^{П}$	0101 РСТПрр	0110(1)	1
9	$12,18^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
10	$1^{ч}$	0212 ФРЗПлТ 0052 ПОДТ	0510 0110	4-5
11	$6^{ч}$	0102 РСТПрр	0110(1)	4-5
12	$4^{ч}$	0102 РСТПрр	0110(1)	4-5
13	$3^{ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0110	4-5
14	$9^{ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0110	4-5
15	$5,19,20^{ч}$	0234 ФРЗПзД 0044 РСТПо	0504	4-5
16	$13^{ч}$	0212 ФРЗПлТ 0052 ПОДТ	0510 0110	4-5
17	$10^{ч}$	0101 РСТПрр	0110(1)	4-5
18	$11^{ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0110	4-5
19	$1^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
20	$6^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110 0701	6
21	$4^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110 0701	6
22	$13^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
23	$10^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110 0701	6
	ТР ОВБ5			
1	$1^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
2	$6^{П}$	0101 РСТПрр	0110(1)	1

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы К.1

3	$4^{П}$	0101 РСТПрр	0110(1)	1
4	$7^{П}$	0051 ПОДТ	0110	1
5	$10,13^{П}$	0204 ЦЕНТР	0204	1
6	$10,13^{П}$	0134 СВР	0201	1
7	$8^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
8	$2,11^{П}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
9	$1^{Ч}$	0212 ФРЗПлТ 0052 ПОДТ	0510 0110	4-5
10	$6^{Ч}$	0102 РСТПрр	0110(1)	4-5
11	$4^{Ч}$	0102 РСТПрр	0110(1)	4-5
12	$8,14^{Ч}$	0101 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	4-5
113	$9^{Ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0110	4-5
14	$3^{Ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0110	4-5
15	$5,12,16^{Ч}$	0234 ФРЗПзД 0044 РСТПо	0504	4-5
16	$8^{Ч}$	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	4-5
17	$1^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
18	$6^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110 0701	6
19	$4^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110 0701	6
	ТР ОВБ6			
1	$1^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0051 ПОДТ	0510 0110	1
2	$7^{П}$	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	1
3	$5^{П}$	0101 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	1
4	$2,11^{П}$	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	1
5	$3,8^{П}$	0101 РСТПрр 0111 РСТПрб	0110(1,2) 0112	1
6	$1^{Ч}$	0212 ФРЗПлТ 0052 ПОДТ	0510 0110	4-5

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы К.1

7	$7^{ч}$	0102 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	4-5
8	$5^{ч}$	0102 РСТПрр	0110(1) 0104(5)	4-5
9	$2,11^{ч}$	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0104(5) 0112	4-5
10	$3,8^{ч}$	0102 РСТПрр 0114 РСТПрб	0110(1,2) 0112	4-5
11	$4^{ч}$	0044 РСТПо 0104 РСТПрр	0110(1) 0104(5) 0110 0104(5)	4-5
12	$6,9,10^{ч}$	0234 ФРЗПзД 0044 РСТПо	0504 0106(7.8)	4-5
13	$1^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0053 ПОДТ	0510 0110	6
14	$7^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110(1) 0104(5) 0701	6
15	$5^{О}$	0103 РСТПрр 0443 ШЛКрВнП	0110(1) 0104(5) 0701	6
	ОВБ7			
1	$2^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0281 СТРПр	0510 0113	1
2	$1,3^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0281 СТРПр	0510 0113	1
3	$4,5,6^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0281 СТРПр	0510 0113	1
4	$7,11,9,13^{П}$	0221 ФРЗПзК 0231 ФРЗПзД 0291 СТРПо	0501 0505 0113	1
5	$8,10,12,14^{П}$	0221 ФРЗПзК 0231 ФРЗПзД 0291 СТРПо	0501 0505 0113	1
6	$2^{ч}$	0212 ФРЗПлТ 0282 СТРПр	0510 0113	4-5
7	$1,3^{ч}$	0212 ФРЗПлТ 0282 СТРПр	0510 0113	4-5
8	$4,5,6^{ч}$	0212 ФРЗПлТ 0282 СТРПр	0510 0113	4-5
9	$15,16^{ч}$	0224 ФРЗПзК 0234 ФРЗПзД 0294 СТРПо	0501 0505 0113	4-5
10	$7,11,9,13^{ч1,2}$	0222 ФРЗПзК 0232 ФРЗПзД 0292 СТРПо	0501 0505 0113	4-5
11	$8,10,12,14^{ч1,2}$	0222 ФРЗПзК 0232 ФРЗПзД 0292 СТРПо	0501 0505 0113	4-5

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы К.1

12	$17,19,20,18^{ч}$	0234 ФРЗПзД 0294 СТРПо	0504 0118	4-5
13	$4,5,6^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0283 СТРПр 0453 ШЛПлПрП	0510 0113 0701	6
14	$3^{О}$	0223 ФРЗПзК 0233 ФРЗПзД	0501 0505	6
15	$1^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0283 СТРПр 0453 ШЛПлПрП	0510 0113 0701	6
16	$7,11,9,13^{О}$	0473 ШЛПлВ	0701	6
17	$8,10,12,14^{О}$	0473 ШЛПлВ	0701	6
	ОВБ8			
1	$1^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0281 СТРПр	0510 0113	1
2	$2,9^{П1}$	0231 ФРЗПзД 0221 ФРЗПзК 0291 СТРПо	0505 0501 0113	1
3	$3,8^{П1}$	0231 ФРЗПзД 0221 ФРЗПзК 0291 СТРПо	0505 0501 0113	1
4	$2,9^{П2}$	0271 ФРЗСп 0291 СТРПо	0514 0115	1
5	$3,8^{П2}$	0271 ФРЗСп 0291 СТРПо	0514 0115	1
6	$1^{ч}$	0213 ФРЗПлТ 0283 СТРПр 0453 ШЛПлПрП	0510 0113 0701	4-5
7	$2,9^{ч}$	0272 ФРЗСп 0292 СТРПо	0514 0115	4-5
8	$3,8^{ч}$	0272 ФРЗСп 0292 СТРПо	0514 0115	4-5
9	$4,5^{ч}$	0234 ФРЗПзД 0294 СТРПо	0504 0118	4-5
10	$6,7^{ч}$	0234 ФРЗПзК 0294 СТРПо	0501 0118	4-5
11	$1^{О}$	0213 ФРЗПлТ 0283 СТРПр 0453 ШЛПлПрП	0510 0113 0701	6
12	$2,9^{О}$	0473 ШЛПлВ	0701	6
13	$3,8^{О}$	0473 ШЛПлВ	0701	6
	ОВБ9			
1	$8^{П}$	0211 ФРЗПлТ 0281 СТРПр	0510 0113	1
2	$1\text{-}7^{П}$	0231 ФРЗПзД 0221 ФРЗПзК 0291 СТРПо	0505 0501 0113	1
3	$1,3,6^{П}$	0271 ФРЗСп	0514	1

Витебский государственный технологический университет

		0291 СТРПо	0115	
4	$8^{ч}$	0212 ФРЗПлТ 0282 СТРПр	0510 0113	4-5
5	$1,3,6^{ч}$	0272 ФРЗСп 0292 СТРПо	0514 0115	4-5
6	$2,5^{ч}$	0234 ФРЗПзД 0294 СТРПо	0504 0118	4-5
7	$4,7^{ч}$	0234 ФРЗПзК 0294 СТРПо	0501 0118	4-5
8	$1,3,6^{О}$	0473 ШЛПлВ	0701	6
	ОВБ10			
1	$1\text{-}10^{П}$	0231 ФРЗПзД 0221 ФРЗПзК 0291 СТРПо	0505 0501 0113	1
2	$5,7,9^{П}$	0231 ФРЗПзД 0221 ФРЗПзК 0291 СТРПо	0505 0501 0113	1
3	$1,2,12,3^{П}$	0291 СТРПо	0117	1
4	$4,10^{ч}$	0231 ФРЗПзД 0221 ФРЗПзК 0291 СТРПо	0505 0501 0113	4-5
5	$6,8^{ч}$	0234 ФРЗПзД 0294 СТРПо	0504 0118	4-5
6	$4,10^{О}$	0473 ШЛПлВ	0701	6
	ОВБ11			
1	3г6,7,8,9	0204 ЦЕНТР 0134 СВР	0204 0201	1
2	$6,7,8,9^{П}$	0224 ФРЗПзК 0314 ДЛБОк	0501	1
3	$1,2,3,4,5^{ч}$	0224 ФРЗПзК	0501	4-5
	ТР КР 01, 05, 08			
1	2	0204 ЦЕНТР	0204	4-5
2	П1(1)	0134 СВР	0201	4-5
3	П1(2)	0152 ЗНКР	0301	4-5
4	1	0163 РЗВР	0401	4-5
	ТР КР 02, 06, 09			
1	3г1,2	0204 ЦЕНТР	0204	4-5
2	П1(1)	0134 СВР	0201	4-5
3	2	0174 ЦКВ	0302	4-5
4	П1(2)	0152 ЗНКР	0301	4-5
5	1	0163 РЗВР	0401	4-5
	ТР КР 03, 07, 10			
1	2	0204 ЦЕНТР	0204	4-5
2	П1,3(1)	0134 СВР	0201	4-5
3	П1,3(2)	0152 ЗНКР	0301	4-5
4	1	0163 РЗВР	0401	4-5
5	3	0724 НРЕЗБМтч	0602	4-5

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы К.1

	ТР КР 04, 08, 11			
1	2	0204 ЦЕНТР	0204	4-5
2	П1,3(1)	0134 СВР	0201	4-5
3	П1,3(2)	0152 ЗНКР	0301	4-5
4	1	0163 РЗВР	0401	4-5
5	3	0724 НРЕЗБМтч	0602	4-5
	ТР КМ1			
1	Зг1-4	0204 ЦЕНТР	0204	4-5
2	1	0134 СВР 0194 ГСВР	0201 0202	4-5
3	2	0174 ЦКВ	0302	
4	4	0184 ЗЕНК	0304	
5	П3(1)	0134 СВР	0203	
6	П3(2)	0152 ЗНКР	0301	4-5
7	П3(3)	0163 РЗВР	0402	4-5
8	3	0724 НРЕЗБМтч	0602	4-5
	ТР КМ3			
1	Зг	0204 ЦЕНТР	0204	4-5
2	4	0134 СВР 0194 ГСВР	0201 0202	4-5
3	2	0134 СВР	0201	4-5
4	П3(1)	0152 ЗНКР	0301	4-5
5	П3(2)	0163 РЗВР	0402	4-5
6	3	0724 НРЕЗБМтч	0602	4-5

Витебский государственный технологический университет

Приложение Л

Таблица Л.1 – Классификатор переходов механической обработки

№	Обозначение	Наименование переходов
1	2	3
		<u>Токарные и расточные</u> *(в операциях: токарно-револьверная; токарно-карусельная;токарно-копировальная; токарная с ЧПУ; токарно-винторезная; токарно-автоматная, агрегатная; горизонтально-расточная; вертикально-расточная; координатно-расточная; алмазно-расточная; программно-комбинированная)*
001	ОБТПр	обтачивание продольное
002	ОБТПо	обтачивание поперечное (канавок, уступов, фасонное)
003	РСТПр	растачивание продольное (ток)
004	РСТПо	растачивание поперечное (канавок, уступов, фасонное)
005	ПОДТ	подрезание торца
006	ОБПрг	обтачивание программное
007	РАПрг	растачивание программное
008	НАРФЛ	накатывание рифлений
009	ОТРЗ	отрезание
010	РСТПрр	растачивание продольное
011	РСТПрб	растачивание продольное блоком (пластиной)
012	РСТПА	растачивание алмазное
		<u>сверлильные</u> *(в операциях: вертикально-сверлильная; горизонтально-сверлильная; радиально-сверлильная; токарно-револьверная; токарно-карусельная; токарная с ЧПУ; токарно-винторезная; токарно-автоматная; агрегатная; горизонтально-расточная; вертикально-расточная; координатно-расточная; программно-комбинированная)*
013	СВР	сверление
014	РСВР	рассверливание
015	ЗНКР	зенкерование
016	РЗВР	развертыване
017	ЦЕКВ	цекование
018	ЗЕНК	зенкование
019	ГСВР	глубокое сверление
020	ЦЕНТР	зацентровка

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
		фрезерные (*в операциях: вертикально-фрезерная; горизонтально-фрезерная; продольно-фрезерная; программно-комбинированная*)
021	ФРЗПлТ	фрезерование плоскости торцевой фрезой
022	ФРЗПзК	фрезерование паза (уступа) концевой фрезой
023	ФРЗПзД	фрезерование паза (уступа) дисковой фрезой
024	ФРЗФ	фрезерование фасонной фрезой (пазов и т. д.)
025	ФРЗОк	фрезерование окон концевой фрезой
026	ФРЗКр	фрезерование круговое (ЧПУ)
027	ФРЗСп	фрезерование специальной фрезой (Т-образное, ласточкин хвост)
		строгально–долбежные *(в операциях: продольно-строгальная; поперечно-строгальная; долбежная*)
028	СТРПр	строгание продольное
029	СТРПо	строгание врезное (поперечное)
030	ДЛБВр	долбление пазов (врезное)
031	ДЛБОк	долбление окон
		протяжные *(в операциях: горизонтально-протяжная; вертикально-протяжная; прошивочная)*
032	ПРТНр	протягивание наружное (полоскостей пазов и пр.)
033	ПРТВн	протягивание внутреннее пазов (шпоночных)
034	ПРТКр	протягивание круглых отверстий
035	ПРТНКр	протягивание некруглых отверстий
036	ПРТШл	протягивание шлицевых отверстий
037	ПРШОт	прошивание отверстий (круглых и некруглых)
038	ПРШШл	прошивание шлицевых отверстий
		шлифовальные (*в операциях: круглошлифовальная; плоскошлифовальная; бесцентровошлифовальная; координатношлифовальная; ленточно-шлифовальная*)
039	ШЛКрНрВ	круглое наружное врезное шлифование
040	ШЛКрНрП	круглое наружное продольное шлифование
041	ШЛКрНрБВ	круглое наружное бесцентровое врезное шлифование
042	ШЛКрНрБП	круглое наружное бесцентровое продольное шлифование
043	ШЛКрВнВ	круглое внутреннее врезное шлифование
044	ШЛКрВнП	круглое внутреннее продольное шлифование

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
045	ШЛПлПрП	плоское продольное шлифование периферией круга
046	ШЛПлПрТ	плоское продольное шлифование торцом круга
047	ШЛПлВ	плоское врезное шлифование
048	ШЛПлнКрд	планетарно–координатное шлифование
049	ШЛКрГлб	круглое глубинное шлифование
050	ШЛПлГлб	плоское глубинное шлифование
051	ШЛЛнт	ленточное шлифование
		<u>отделочно-абразивные</u> (*в операциях: хонинговальная; суперфинишная; полировальная; доводочная*)
052	ХНГ	хонингование отверстий
053	СПФКрНр	суперфиниширование круглое наружное
054	ДВДКрНр	доводка полноконтактная круглая наружная
055	ДВДКрВн	доводка полноконтактная круглая внутренняя
056	ДВДПл	доводка полноконтактная плоская
057	ПЛРЭлКр	полирование эластичным кругом круглое
058	ПЛРЭлВн	полирование эластичным кругом внутреннее
059	ПЛРЭлПл	полирование эластичным кругом плоское
060	ПЛРШкр	полирование шкуркой
		<u>отделочные без снятия стружки (ППД)</u> *(в операциях: токарная; токарно-револьверная; протяжная)*
061	ВГЛКрНр	выглаживание круглое наружное
062	ВГЛКрВн	выглаживание круглое внутреннее
063	ДРН	дорнирование
064	ОБККрШр	обкатывание круглое шариком
065	ОБККрРл	обкатывание круглое роликом
066	РСККрШр	раскатывание круглое шариком
067	РСККрРл	раскатывание круглое роликом
		<u>резьбообрабатывающие</u> (*в операциях: токарная; токарновинторезная; резьбофрезерная; резьбошлифовалная; резьбонакатная*)
068	НРЕЗБРНр	нарезание резьбы резцом наружное
069	НРЕЗБРВн	нарезание резьбы резцом внутреннее
070	НРЕЗБПл	нарезание резьбы плашой
071	НРЕЗБВнтг	нарезание резьбы винтовой головкой
072	НРЕЗБМтч	нарезание резьбы метчиком
073	ФРЕЗБДи	фрезерование резьбы дисковой фрезой
074	ФРЕЗБГр	фрезерование резьбы групповой фрезой
075	ФРЕЗБВхр	фрезерование резьбы вихревое

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
076	НкРЕЗБКр	накатывание резьбы кольцевыми роликами
077	НкРЕЗБВр	накатывание резьбы винтовыми роликами
078	НкРЕЗБПпл	накатывание резьбы плоскими плашками
079	РРЕЗБМтч	раскатывание резьбы бесстружечными метчиками
080	ШЛРЕЗБО	шлифование резьбы однониточным кругом
081	ШЛРЕЗБМ	шлифование резьбы многониточным кругом
		Зубо- и шлицеобрабатывающие цилиндрических зубчатых венцов (*в операциях: зубофрезерная; зубодолбежная; зубошлифовальная; зубошевинговальная; зубопритирочная; зубозакругляющая*)
082	ЗФРЗМД	зубофрезерование модульными дисковыми фрезами
		зубофрезерование модульными концевыми фрезами
083	ЗФРЗМК	зубофрезерование червячными модульными фрезами
084	ЗФРЗМЧ	зубодолбление наружное круглым долбяком
		зубодолбление внутреннее
085	ЗДЛБНр	накатывание зубьев
086	ЗДЛБ	зубозакругление
087	НКТЗ	снятие фасок с зубьев
088	ЗЗКР	зубошевингование дисковым шевером
089	ЗФСК	зубошлифование фасонное (копирование образую-
090	ЗШВНГ	щей)
091	ЗШЛФ	зубошлифование дисковым кругом (обкатка)
		зубошлифование тарельчатыми кругами (обкатка)
092	ЗШЛДКр	зубошлифование червячным кругом (обкатка)
093	ЗШЛТрл	зубохонингование
094	ЗШЛЧКр	доводка (притирка) зубьев
095	ЗХНГ	***конических зубчатых венцов*** *(в операциях: зубострогальная; зубофрезерная; зубошлифовальная) зубострогание прямозубых колес*
096	ЗДВД	зубофрезерование дисковыми модульными фрезами
		зубофрезерование торцевой резцовой головкой кру-
097	кЗСТР,к	говых зубьев
098	кЗФРЗМД	зубошлифование круговых зубьев
099	кЗФРЗКРГ	
100	кЗШЛКРГ	
		шлицевых поверхностей *(в операциях: шлицефрезерная; шлицешлифовальная)*
101	ФРЗШлД	фрезерование дисковыми фрезами
102	ФРЗШлЧ	фрезерование червячными фрезами
103	ШЛОД	шлифование одним дисковым кругом
104	ШЛРзд	шлифование раздельное (дна и боковых сторон)

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Л.1

1	2	3
		прочие
105	ФРЗНСф	фрезерование наружной сферы резцовой головкой
106	ФРЗВСф	фрезерование внутренней сферы
107	ШЛСфТр	шлифование сферы торцом шлифовального круга
108	ШАБР	шабрение (плоскости, паза, направляющих)
109	ЗКЛиОТП	закалка и низкотемпературный отпуск (HRC > 45)
110	ТРМУЛЧ	термическое улучшение (HRC 28 – 32)
111	ПовЗКЛ	поверхностная закалка (HRC > 45)
112	ИскСТР	искусственное старение (для чугуна)

Витебский государственный технологический университет

Приложение М

Таблица М.1 – соответствия кода типового элемента кодам переходов

№	Код поверхности	Коды (номера) переходов
1	2	3
1	111111	005; 043; 044; 045; 046; 061;
2	111121	005; 039; 040;
3	111122	005; 017;
4	111132	005;
5	111211	001; 002; 039; 040; 041; 042; 049; 051; 053; 054; 057; 061; 064; 065;
6	111221	001; 002; 039; 040; 041; 049; 051; 053; 054; 057; 061; 064; 065;
7	111231	01; 02; 39; 41; 61; 64; 65;
8	111212	003; 013; 014; 015; 016; 019; 020; 034; 037; 043; 044; 049; 052; 055; 058; 060; 062; 063; 066; 067
9	111222	003; 004; 013; 014; 015; 016; 017; 020; 043; 044; 055; 058; 060; 062; 066; 067
10	111232	003; 004; 043; 044; 049; 058; 060;
11	111311	001; 002; 006; 039; 040; 041; 049; 053; 054; 057; 061; 064; 065;
12	111321	001; 002; 006; 039; 040; 049; 053; 054; 057; 061; 064; 065;
13	111312	003; 004; 007; 015; 016; 018; 043; 044; 055; 058; 062;
14	111322	003; 004; 007; 015; 016; 043; 044; 055; 058; 062;
15	112121	002; 039;
16	112122	004; 043;
17	112221	002; 039;
18	112222	004; 043;
19	113121	004;
20	113221	004;
21	113321	004+003+003;
22	113421	004+003+003;
23	114121	002;
24	114122	004;
25	114221	002;
26	114222	004;
27	121111	022; 023;
28	121211	022;
29	122111	022; 023; 029; 047;
30	122121	022;
31	122112	030; 033;
32	122211	024; 029;
33	122311	027; 029; 032; 047; 050;
34	122321	027;
35	122411	027; 029; 032; 047; 050;
36	122421	027;
37	122111	021; 022; 023; 032; 047; 050;
38	122211	024; 027; 047; 050;
39	125011	021; 022; 023; 045; 046; 050;

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы М.1

1	2	3
40	125021	021; 022; 023; 045; 046; 050;
41	125012	030; 035; 037;
42	125022	030;
43	131111	068; 070; 071; 074; 076; 077; 078; 080; 081;
44	131121	068; 070; 071; 074; 076; 077; 078; 080;
45	131112	069; 072; 074; 079; 080;
46	131122	069; 072; 074; 080;
47	131221	068; 070; 074; 080;
48	131222	069; 072; 074; 080;
49	131311	068; 073; 075; 077; 080;
50	131321	068; 073; 075; 077; 080;
51	131312	069; 072; 079; 080;
52	131411	068;
53	131412	069;
54	131511	068; 070; 080;
55	131512	069; 072; 080;
56	131611	068; 073; 075; 080;
57	131612	069; 072; 079; 080;
58	132111	068; 073; 075; 080;
59	132211	068; 073; 075; 080;
60	141111	024; 029; 030; 032; 047; 050;
61	141211	024; 029; 030; 032; 047; 050;
62	142111	082; 083; 084; 085; 087; 088; 089; 090; 091; 092; 093; 094; 095; 096;
63	142112	086; 090; 095; 096;
64	142121	083; 085; 087; 090; 095;
65	142122	086; 090; 095;
66	142211	082; 083; 084; 087; 088; 089; 090; 091; 092; 093; 094; 095; 096;
67	142221	083; 085; 087; 090; 095; 096;
68	142212	086; 090; 095; 096;
69	132222	086; 090; 095; 096;
70	143111	097; 098;
71	143211	099; 100;
72	144021	084;
73	145111	101; 102; 103; 104;
74	145112	036; 038;
75	145121	101; 102; 103; 104;
76	145211	102; 103;
77	145212	036; 038;
78	145221	102; 103;
79	145311	008; 101; 103;
80	145312	036; 038;
81	145321	008; 101; 103;
82	146011	101; 103;
83	146012	030; 035;
84	151111	002; 006; 039; 041; 105;

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы М.1

1	2	3
85	151112	004; 007; 018; 043; 106; 107;
86	151211	002; 006; 039; 041; 053; 054; 057; 060; 064; 065;
87	151212	004; 007; 043; 055; 058; 060; 066; 067;
88	151221	001; 002; 006; 039; 057; 060; 064; 065;
89	151222	003; 004; 007; 043; 058; 060; 066; 067;
90	151311	001; 006; 040; 051; 057; 060; 061; 064; 065;
91	151312	003; 007; 044; 051; 058; 060; 062; 066; 067;
92	152111	002; 006; 039;
93	152121	002; 006; 039;
94	152112	004; 007; 017; 043;
95	152122	004; 007; 017; 043;
96	152211	002; 006; 039; 057;
97	152212	007; 017; 043; 058;
98	152221	002; 006; 039; 057;
99	152222	007; 017; 043; 058;
100	152311	002; 006; 039; 057;
101	152312	004; 007; 043; 058;
102	211111	005; 017; 021; 045; 046; 050;
103	211211	001; 026;
104	211212	003; 007; 010; 011; 012; 013; 014; 015; 016; 019; 020; 043; 044; 052; 062; 066; 067;
105	211221	001; 002; 039; 048;
106	211222	003; 004; 010; 011; 012; 014; 015; 016; 026; 043; 044; 048; 062;
107	211311	002; 006; 039; 048; 061;
108	211312	004; 007; 015; 016; 018; 043; 044; 062;
109	211322	004; 007; 015; 016; 018; 043; 062;
110	212121	002;
111	212122	003; 026;
112	212222	003; 026;
113	213121	003; 026;
114	213221	003; 026;
115	213321	004+003+003; 026;
116	214121	002;
117	214122	004;
118	214221	002;
119	214222	004;
120	231112	072;
121	231122	072;
122	231222	072;
123	221111	021; 028; 032; 045; 046; 047; 056; 059;
124	221211	021; 028; 032; 045; 046; 047; 056; 059;
125	221221	021;
126	222111	022; 023; 029; 032; 047; 050;
127	222112	030;

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы М.1

1	2	3
128	222121	022;
129	222131	022;
130	222311	027; 029; 032; 046; 050;
131	222321	027;
132	224122	025; 31;
133	224222	025;
134	226111	021; 023; 028; 029; 045; 046; 047; 056;
135	226112	022; 023; 028; 029; 047; 050;
136	226211	024; 027; 028; 029; 047; 050;
137	226212	024; 027; 028; 029; 047; 050;
138	226311	022; 023; 028; 029; 047; 050;
139	226312	022; 023; 028; 029; 047; 050;
140	226411	022; 023; 028; 029; 046; 047;
141	226412	022; 023; 028; 029; 046; 047;
142	252112	007; 011;
143	252122	007; 011;
144	252121	006;
145	252212	004; 007;
146	262312	004; 007;
147	311111	005; 017; 021; 045; 046; 047;
148	311212	010; 011; 012; 013; 014; 015; 016; 017; 034; 037; 048; 052; 062; 066; 067;
149	311222	010; 011; 012; 013; 014; 015; 016; 017; 048; 062;
150	311221	001; 002; 026; 048;
151	311232	002; 026;
152	311312	003; 007; 014; 015; 018; 048; 055:
153	312122	004; 026; 043; 048;
154	312222	004; 026; 043; 048;
155	314122	004;
156	314222	004;
157	321111	021; 028; 032; 045; 046; 047; 050; 056; 059:
158	321211	021; 028; 032; 045; 046; 047; 050; 056; 059:
159	322111	022; 023; 029; 032; 047; 050; 056; 059;
160	326311	021; 024; 028; 029; 032; 045; 046; 047; 056;
161	326312	024; 029; 032; 047; 050; 056;
162	331112	072; 079;
163	331122	072;
164	341111	022; 024; 029; 032; 047;
165	342111	029; 036; 038;
166	345112	029; 036; 038;
167	345212	029; 036; 038;
168	345312	029; 036; 038;
169	351112	007; 017; 055; 060; 106; 107;

Первая цифра кода	1	2	3
Вид детали	Тело вращения	Корпусная	Некруглый стержень

Витебский государственный технологический университет

Приложение Н
Показатели качества, индивидуальные условия выбора переходов и основное время некоторых операций

Таблица Н.1 – Показатели качества, индивидуальные условия выбора переходов

Код перехода	Размеры	Припуск на сторону	Показатели качества				Условия (HRC)
			Вход		Выход		
			IT	Ra	IT	Ra	
1	2	3	4	5	6	7	8
0014	D(10-300)	2…5	17…19	25…60	10…12	3,2…6,3	< 20
0010	L(30-1000)	2…5	17…19	25…60	15…16	12,5…25	< 20
0011		1,5…4	17…19	25…60	12…14	6,3…12,5	< 20
0012		1…2	12…14	6,3…12,5	8…10	0,8…3,2	28…32
0013		0,3…0,5	8…10	0,8…3,2	6…7	0,2…0,8	28…32
0024	D(10…300)	Напуск	14…17	12,5…25	9…14	3,2…6,3	< 20
0021	L(2…30)	1…3	14…17	12,5…25	12…14	6,3…12,5	< 20
0022			10…14	6,3…12,5	9…11	2,5…3,2	28…32
0034	D(10-300)	2…5	17…19	25…60	10…12	3,2…6,3	< 20
0030	D(40-300)	2…5	17…19	25…60	15…16	12,5…25	< 20
0031	D(20-300)	1,5…4	17…19	25…60	12…14	6,3…12,5	< 20
0032	D(10-300)	1…2	12…14	6,3…12,5	8…10	0,8…3,2	28…32
0033	L(2-1000)	0,3…0,5	8…10	0,8…3,2	6…7	0,2…0,8	28…32
0044	D(10..300)	Напуск	14…17	12,5…25	9…14	3,2…6,3	< 20
0041	L(2…30)	Напуск	14…17	12,5…25	12…14	6,3…12,5	< 20
0042		1…3	10…14	6,3…12,5	9…11	2,5…3,2	28…32
0054	D(10..300)	2…5	17…19	25…60	11…13	3,2…6,3	< 20
0050		2…5	17…19	25…60	15…16	12,5…25	< 20
0051		1,5…4	17…19	25…60	14…15	6,3…12,5	< 20
0052		1…2	14…15	6,3…12,5	11…13	0,8…3,2	28…32
0053		0,3…0,5	11…13	0,8…3,2	9…10	0,2…0,8	28…32
0064	D(10-300)	2…5	17…19	25…60	10…12	3,2…6,3	< 20
0060	L(30-1000)	2…5	17…19	25…60	15…16	12,5…25	< 20
0061		1,5…4	17…19	25…60	12…14	6,3…12,5	< 20
0062		1…2	12…14	6,3…12,5	8…10	0,8…3,2	28…32
0063		0,3…0,5	8…10	0,8…3,2	6…7	0,2…0,8	28…32
0074	D(10-300)	2…5	17…19	25…60	10…12	3,2…6,3	< 20
0070	D(40-300)	2…5	17…19	25…60	15…16	12,5…25	< 20
0071	D(20-300)	1,5…4	17…19	25…60	12…14	6,3…12,5	< 20
0072	D(10-300)	1…2	12…14	6,3…12,5	8…10	0,8…3,2	28…32
0073	L(30-1000)	0,3…0,5	8…10	0,8…3,2	6…7	0,2…0,8	28…32
0104	D(20-300)	2…5	17…19	25…60	10…12	3,2…6,3	< 20
0100	D(40-300)	2…5	17…19	25…60	15…16	12,5…25	< 20
0101	D(20-300)	1,5…4	17…19	25…60	12…14	6,3…12,5	< 20
0102	D(20-300)	1…2	12…14	6,3…12,5	8…10	0,8…3,2	28…32
0103	L(2-200)	0,3…0,5	8…10	0,8…3,2	6…7	0,2…0,8	28…32
0114	D(20-300)	2…5	17…19	25…60	10…12	3,2…6,3	< 20
0110	D(40-300)	3…5	17…19	25…60	15…16	12,5…25	< 20
0111	D(20-300)	2…4	17…19	25…60	12…14	6,3…12,5	< 20
0112	D(20-300)	1…2	12…14	6,3…12,5	8…10	0,8…3,2	28…32
0113	L(30-200)	0,3…0,5	8…10	0,8…3,2	6…7	0,2…0,8	28…32

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8
0123	D(15..200)	0,2…0,3	7…8	2,5…3,2	5…6	0,2…0,6	28…32
0134	D(5…25)	Напуск			10…14	6,3…12,5	< 32
0144	D(25…80)	Напуск	13…16	6,3…12,5	9…12	6,3…12,5	< 32
0154	D(10…60)	1…10	13…17	12,5…50	11…13	6,3…12,5	< 20
0151	D(10…60)	1…10	13…17	12,5…50	11…13	6,3…12,5	< 20
0152	D(10…60)	0,5…1,5	10…13	6,3…12,5	9…10	3,2…6,3	28…32
0161	D(10…60)	0,05...0,1	10…14	6,3…12,5	9…10	3,2…6,3	< 20
0162	D(10…60)	0,03..0,06	9…10	3,2…6,3	7…8	1,6…3,2	< 20
0163	D(10…60)	0,02..0,03	7…8	1,6…3,2	5…6	0,4…0,8	28…32
0174	D(10…60)	Напуск			9…14	3,2…6,3	< 20
0184	D(10…60)	Напуск			9…13	3,2…6,3	< 20
0182	D(10…60)	0,5…1,5	11…14	3,2…6,3	8…9	0,8…1,6	28…32
0194	D(10…60) L > 6D	Напуск			9…11	2,5…6,3	< 20
0200	D(60…120)	Напуск			12…14	2,5…6,3	< 20
0214	B(40..250)	4…6	16…20	25…50	9…11	2,5…6,3	<32
0211		4…6	16…20	25…50	11…13	6,3…12,5	<20
0212	B < D	1,5…2	11…13	6,3…12,5	8…10	1,6…6,3	<32
0213		1…1,5	8…10	1,6…6,3	7…8	0,6…1,25	28…32
0224		Напуск	16…20	25…50	9…11	2,5…6,3	<32
0221	B < 100	Напуск	16…20	25…50	11…13	6,3…12,5	<20
0222	B < D	2…3	11…13	6,3…12,5	8…10	1,6…6,3	<32
0223		1…1,5	8…10	1,6…6,3	7…8	0,6…1,25	28…32
0234		Нап	16…20	25…50	9…11	2,5…6,3	<32
0231	B < 100	Нап	16…20	25…50	11…13	6,3…12,5	<20
0232		2…3	11…13	6,3…12,5	8…10	1,6…6,3	<32
0233		1…1,5	8…10	1,6…6,3	7…8	0,6…1,25	28…32
0244		Нап			11…13	6,3…12,5	<32
0241	B < 100	Нап			12…14	6,3…12,5	<20
0242		1…2	12…14	6,3…12,5	9…11	2,5…5	28…32
0254		3…5	16…20	25…50	11…13	6,3…12,5	<32
0251	B < 100	3…5	16…20	25…50	12…14	6,3…12,5	<20
0252		1…2	12…14	6,3…12,5	8…10	1,6…2,5	28…32
0264	B < 6	Напуск			12…14	6,3…12,5	<32
0274		Напуск			10…12	6,3…12,5	<32
0271	B < 100	Напуск			12…14	6,3…12,5	<20
0272		1…2			9…11	1,6…2,5	28…32
0284		4…6	16…20	25…50	10…12	3,2…6,3	<32
0281	B < 350	5…8	16…20	25…50	12…14	6,3…12,5	<20
0282		2…3	12…14	6,3…12,5	9…11	2,5…6,3	<32
0283		1…1,5	9…11	2,5…6,3	7…8	0,8…1,6	28…32
0294		Напуск			10…12	3,2…6,3	<32
0291	B < 40	Напуск			12…14	6,3…12,5	<20
0292		1,5…2,5	12…14	6,3…12,5	9…11	1,6…2,5	28…32

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8
0304		Напуск			10…12	3,2…6,3	<32
0301	B < 40	Напуск			12…14	6,3…12,5	<20
0302		1,5…2,5	12…14	6,3…12,5	9…11	1,6…2,5	28…32
0314	B > 25	2,5…5	16…20	25…50	10…12	3,2…6,3	<32
0311	H > 25	2,5…5	16…20	25…50	11…13	12,5…25	<20
0312		1,5…2,5	11…13	12,5…25	8…10	2,5…6,3	28…32
0324		2,5…5	16…20	25…50	10…12	3,2…6,3	<32
0321	L < 150	3…6	16…20	25…50	9…11	6,3…12,5	<20
0322		2…3	9…11	6,3…12,5	7…9	1,6…3,2	<32
0323		1…2	7…9	1,6…3,2	6…8	0,2…1,25	28…32
0334		Напуск			7…9	1,2…3,2	<20
0331	L < 2D	Напуск			9…11	3,2…6,3	<32
0332		0,6…1,2	9…11	3,2…6,3	6…8	0,32…1,25	28…32
0344		2…3	15…18	12,5…25	8…9	0,8…3,2	<32
0341	L < 2D	3…4	14…17	25…50	10…11	6,3…12,5	<20
0342		1…2,5	10…11	6,3…12,5	8…9	0,8…3,2	<32
0343		0,5…1	8…9	0,8…3,2	6…7	0,2…1,25	28…32
0354		2…3	15…18	12,5…25	8…9	0,8…3,2	<32
0351	L < 2D	3…4	14…17	25…50	10…11	6,3…12,5	<20
0352		1…2,5	10…11	6,3…12,5	8…9	0,8…3,2	<32
0353		0,5…1	8…9	0,8…3,2	6…7	0,2…1,25	28…32
0364		Напуск			8…10	0,8…3,2	<32
0361	L < 2D	Напуск			10…11	6,3…12,5	<20
0362		1,5…2,5	10…11	6,3…12,5	8…10	0,8…3,2	<32
0363		0,5…1	8…10	0,8…3,2	6…8	0,2…1,25	28…32
0374		2…3	15…18	12,5…25	8…9	0,8…3,2	<32
0371	L < 2D	3…4	14…17	25…50	10…11	6,3…12,5	<20
0372		1…2,5	10…11	6,3…12,5	8…9	0,8…3,2	<32
0373		0,5…1	8…9	0,8…3,2	6…7	0,2…1,25	28…32
0384		Напуск			8…10	0,8…3,2	<32
0381	L < 2D	Напуск			10…11	6,3…12,5	<20
0382		1,5…2,5	10…11	6,3…12,5	8…10	0,8…3,2	<32
0383		0,5…1	8…10	0,8…3,2	6…8	0,2…1,25	28…32
0394		0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,1…1,25	
0391	$L < H_{шк}$	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,25…2,5	
0392	$H_{шк}$ =	0,15…0,2	8…10	1,25…2,5	6…7	0,2…1,25	
0393	32…	0,05…0,1	6…7	0,2…1,25	5…6	0,05…0,2	
	80						
0404	$L > H_{шк}$	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,1…1,25	
0401	$H_{шк}$ =	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,25…2,5	
0402	32…	0,15…0,2	8…10	1,25…2,5	6…7	0,2…1,25	
0403	80	0,05…0,1	6…7	0,2…1,25	5…6	0,05…0,2	
0414	$L < H_{шк}$	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,6…1,25	
0411	$H_{шк}$ =	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,25…2,5	
0412	100…	0,15…0,2	8…10	1,25…2,5	6…7	0,2…1,25	
0413	400	0,05…0,1	6…7	0,2…1,25	5…6	0,05…0,2	

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8
0424	$L < H_{шк}$	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,6…1,25	
0421	$H_{шк}$ =	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,25…2,5	
0422	100…	0,15…0,2	8…10	1,25…2,5	6…7	0,2…1,25	
0423	400	0,05…0,1	6…7	0,2…1,25	5…6	0,05…0,2	
0434		0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,6…1,25	
0431	D > 25	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,6…2,5	
0432	L < D	0,15…0,2	8…9	1,6…2,5	6…7	0,32…1,6	
0433		0,05…0,1	6…7	0,32…1,6	5…6	0,08…0,25	
0444		0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,6…1,25	
0441	D > 25	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,6…2,5	
0442	L > D	0,15…0,2	8…10	1,6…2,5	6…7	0,32…1,6	
0443		0,05…0,1	6…7	0,32…1,6	5…6	0,08…0,25	
0454	$B > H_{шк}$	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,6…1,25	
0451	$H_{шк}$ =	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,6…2,5	
0452	32…	0,15…0,2	8…10	1,6…2,5	6…7	0,32…1,6	
0453	80	0,05…0,1	6…7	0,32…1,6	5…6	0,05…0,2	
0464	$B < D_{шк}$	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,6…1,25	
0461	$D_{шк}$ =	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,6…2,5	
0462	80…	0,15…0,2	8…10	1,6…2,5	7…8	0,32…1,6	
0463	200	0,05…0,1	7…8	0,32…1,6	6…7	0,08…0,25	
0474	$B < H_{шк}$	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,6…1,25	
0471	$H_{шк}$ =	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,6…2,5	
0472	32…	0,15…0,2	8…10	1,6…2,5	6…7	0,32…1,6	
0473	80	0,05…0,1	6…7	0,32…1,6	5…6	0,05…0,2	
0474		0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	6…8	0,6…1,25	
0471	D > 12	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	8…10	1,6…2,5	
0472	L > D	0,15…0,2	8…10	1,6…2,5	6…7	0,32…1,6	
0473		0,05…0,1	6…7	0,32…1,6	5…6	0,08…0,25	
0494	$B = H_{шк}$	Напуск			6…8	0,08…1,25	
0504	$B = H_{шк}$	Напуск			6…8	0,08…1,25	
0514	$B = H_{шк}$	0,25…0,4	12…14	3,2…6,3	9…11	0,08…1,25	
0521		0,15…0,2	9…10	2,5…6,3	7…8	0,63…2,5	
0522	D > 30	0,02..0,03	7…8	0,63…2,5	5…6	0,16…0,63	
0523		0,012	5…6	0,16…0,63	4…5	0,08…0,25	
0534		0,015	7…8	0,63…1,25	5…6	0,04…0,08	
0531		0,015	7…8	0,63…1,25	6…7	0,08…0,12	
0532		0,008	6…7	0.08…0,12	4…5	0,02…0,04	
0544		0,04	6…7	0,63…1,25	4…5	0,02…0,08	>32
0554		0,04	6…7	0,63…1,25	4…5	0,01…0,04	>32
0564		0,04	6…7	0,63…1,25	4…5	0,01…0,04	>32
0574		0,2…0,3	6…9	0,32…1,25	7…9	0,02…0,08	
0584	D > 35	0,2…0,3	6…9	0,32…1,25	7…9	0,02…0,08	
0594		0,2…0,3	6…9	0,32…1,25	7…9	0,02…0,08	
0604		0.1…0.2	6…9	0,32…1,25	7…9	0,02…0,08	
0614			6…8	0.32…1.6	6…8	0.03…0.16	<32
0624	D > 25		6…8	0.32…1.6	6…8	0.03…0.16	<32
0634	D > 25		6…8	0.32…1.6	6…8	0.03…0.16	<32

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8
0644			6…8	0.32…1.6	6…8	0.03…0.16	<32
0654			6…8	0.32…1.6	6…8	0.03…0.16	<32
0664	D > 25		6…8	0.32…1.6	6…8	0.03…0.16	<32
0674	D > 25		6…8	0.32…1.6	6…8	0.03…0.16	<32
0684	1 < S < 2,5				5…8	1,6…3,2	<32
0681	S > 2,5	0,3…0,4	6…8	3,2…6,3	6...8	3,2…6,3	<32
0682	S > 2,5	0,1…0,15	5…7	1,6…3,2	5…7	1,6…3,2	<32
0683	S > 2,5				4…6	1,25…1,6	28…32
0694	D > 16; S > 1				5…8	1,6…3,2	<32
0691	D > 16; S > 2	0,3…0,4	6…8	3,2…6,3	6...8	3,2…6,3	<32
0692	D > 16; S > 2	0,1…0,15	5…7	1,6…3,2	5…7	1,6…3,2	<32
0693	D > 16; S > 2				4…6	1,25…1,6	28…32
0704					6…8	1,6…3,2	<32
0701+							<32
0702		0,1…0,3			5…7	1,6…3,2	<32
0714					6…8	1,6…3,2	<32
0711+							<32
0712		0,1…0,3			5…7	1,6…3,2	<32
0724	D < 32				5…7	1,6…3,2	<32
0721+							<32
0722		0,1…0,3			4…6	1,6…3,2	<32
0734					7…8	1,6…3,2	<32
0731					7…9	2,5…5	<32
0732		0,1…0,25	7…9	2,5…5	5…7	0,6…1,25	<32
0744	L < 50; S < 3				6…8	1,6…3,2	<32
0754	S >= 4				5…7	0,8…1,6	<32
0764	S < 3				6…7	0,6…1,25	<32
0774	S < 3; L < 40				6…7	0.6…1,25	<32
0784	S < 1,5;L < 40 D < 12				6…8	0,8…1,6	<32
0794	S < 2				5…6	0.6…1,25	<32
0804	S < 2				4…6	0,6…1,25	
0804	S >= 2	0,2…0,3	8…10	3,2…6,3	4…6	0,6…1,25	
0801	S >= 2	0,2…0,3	8…10	3,2…6,3	6…7	1,6…3,2	
0802	S >= 2	0,1…0,2	6…7	1,6…3,2	5…6	0,8…1,6	
0803	S >= 2	0,05…0,1	5…6	0,8…1,6	3…4	0,4…0,8	
0814	Число за-ходов > 1				6…7	0,8…1,6	
0824	M < 10				9…10	3,2…6,3	<32
0834	M > 10				9…10	3,2…6,3	<32
0844	m <= 4				7…8	1,6…3,2	<32
0841	m > 4				9…10	3,2…6,3	<32
0842	m > 4	0,2…0,4	9…10	3,2…6,3	6…7	1,25…2,5	<32
0854	m <= 4				7…8	1,6…3,2	<32
0851	m > 4				9…10	3,2…6,3	<32
0852	m > 4	0,2…0,4	9…10	3,2…6,3	6…7	1,25…2,5	<32

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Н.1

1	2	3	4	5	6	7	8
0864	m <= 4				7…8	1,6…3,2	<32
0861	m > 4				9…10	3,2…6,3	<32
0862	m > 4	0,2…0,4	9…10	3,2…6,3	6…7	1,25…2,5	<32
0874	m < 3				7…8	0,8…1,25	<32
0904	m <= 4	0,05..0,12	7…8	1,6…3,2	5…6	0,4…1,6	<32
0901	m > 4	0,05..0,12	7…8	3,2…6,3	6…7	1,6…3,2	<32
0902	m > 4	0,03	6…7	1,6…3,2	5…6	0,4…1,6	<32
0914		0,2…0,4	8…9	3,2…6,3	4…6	0,4…0,8	
0911		0,2…0,3	8…9	3,2…6,3	6…7	1,6…3,2	
0912		0.1…0,15	6…7	1,6…3,2	5…6	0,4…0,8	
0913		0,05	5…6	0,4…0,8	3…5	0,2…0,4	
0924		0,2…0,4	8…9	3,2…6,3	4…6	0,4…0,8	
0921		0,2…0,3	8…9	3,2…6,3	6…7	1,6…3,2	
0922		0.1…0,15	6…7	1,6…3,2	5…6	0,4…0,8	
0923		0,05	5…6	0,4…0,8	3…5	0,2…0,4	
0934		0,2…0,4	8…9	3,2…6,3	4…6	0,4…0,8	
0931		0,2…0,3	8…9	3,2…6,3	6…7	1,6…3,2	
0932		0.1…0,15	6…7	1,6…3,2	5…6	0,4…0,8	
0933		0,05	5…6	0,4…0,8	3…5	0,2…0,4	
0944		0,2…0,4	8…9	3,2…6,3	4…6	0,4…0,8	
0941		0,2…0,3	8…9	3,2…6,3	6…7	1,6…3,2	
0942		0.1…0,15	6…7	1,6…3,2	5…6	0,4…0,8	
0943		0,05	5…6	0,4…0,8	3…5	0,2…0,4	
0954		0,05	7…8	0,4…0,8	6…7	0,1…0,3	
0961		0,06…0,1	6…8	1,6…3,2	5…7	0,3…0,5	
0962		0,02	5…7	0,3…0,5	4…6	0,1…0,2	
0974	m <= 4				7…8	1,25…3,2	<32
0971	m > 4				8…9	3,2…6,3	<32
0972	m > 4	0,6…1	8…9	3,2…6,3	6…7	1,25…3,2	<32
0984					9…10	3,2…6,3	<32
0994					7…8	1,25…3,2	<32
1004		0,2…0,3	8…9	3,2…6,3	5…6	0,08…1,25	
1014					9…10		<32
1024					9…10	1,25…3,2	<32
1021					9…10	3,2…6,3	<32
1022		0,2…0,3	9…10	3,2…6,3	7…9	1,23…2,5	<32
1034		0,2…0,3	9…10	5…10	6…8	0,8…1,25	
1032		0,06…0,1	6…8	0,8…1,25	5…7	0,4…0,8	
1044		0,2…0,3	9…10	5…10	7…8	0,8…1,25	
1042		0,06…0,1	7…8	0,8…1,25	6…7	0,4…0,8	
1054		1…3	14…17	12,5…25	7…8	0,8…1,25	<32
1064		1…2	13…16	12,5…25	7…8	0,8…1,25	<32
1074		0,2…0,3	10…14	6,3…12,5	6…7	0,4…0,8	

Примечание.

Последняя цифра в кодах переходов: 1 – предварительная обработка; 2 – чистовая обработка; 3 – тонкая обработка; 4 – однократная обработка.

Витебский государственный технологический университет

Таблица Н.2 – основное время некоторых операций

Переход	Наиболее вероятное основное время
1	2
Разрезание металла	
Разрезание дисковой пилой	$0{,}011 \cdot L$
Разрезание ножовкой	$0{,}0877 \cdot L$
Отрезание резцом	$0{,}000393 \cdot D^2$
Подрезание торца (за один проход)	
Черновое подрезание торца (кольца)	$0{,}0000224 \cdot (D^2 - d^2)$
Чистовое подрезание торца (кольца)	$0{,}000011 \cdot (D^2 - d^2)$
Черновое подрезание торца (сплошного круга)	$0{,}0000224 \cdot D^2$
Чистовое подрезание торца (сплошного круга)	$0{,}000011 \cdot D^2$
Обработка тел вращения	
Обтачивание тел вращения D 20–100 мм одной ступени за один проход	
Обтачивание черновое	$0{,}000075 \cdot D \cdot L$
Обтачивание чистовое	$0{,}000175 \cdot D \cdot L$
Шлифование наружное круглое с продольной подачей	
Шлифование предварительное	$0{,}00012 \cdot D \cdot L$
Шлифование чистовое	$0{,}000184 \cdot D \cdot L$
Шлифование тонкое	$0{,}000327 \cdot D \cdot L$
Шлифование наружное бесцентровое с продольной подачей	
Шлифование предварительное	$0{,}00422 \cdot L$
Шлифование чистовое	$0{,}00693 \cdot L$
Шлифование наружное круглое врезное	
Шлифование грубое	$0{,}00362 \cdot D$
Шлифование чистовое	$0{,}0068 \cdot D$
Шлифование тонкое	$0{,}0079 \cdot D$
Обработка отверстий	
Сверление отверстий диаметром до 20 мм	$0{,}00056 \cdot D \cdot L$
Рассверливание отверстий диаметром 20–70 мм	$0{,}000423 \cdot D \cdot L$
Зенкерование	$0{,}00021 \cdot D \cdot L$
Развертывание черновое	$0{,}00436 \cdot D \cdot L$
Развертывание чистовое	$0{,}000876 \cdot D \cdot L$
Растачивание черновое	$0{,}000134 \cdot D \cdot L$
Растачивание чистовое	$0{,}00018 \cdot D \cdot L$
Шлифование внутреннее	
Шлифование предварительное	$0{,}000146 \cdot D \cdot L$
Шлифование чистовое	$0{,}000583 \cdot D \cdot L$
Протягивание внутренних поверхностей	
Протягивание рядовое	$0{,}000286 \cdot L$
Протягивание чистовое	$0{,}0005 \cdot L$
Протягивание упрочняющими многозубыми протяжками	$0{,}0004 \cdot L$
Прошивание чистовое	$0{,}00033 \cdot L$
Прошивание тонкое	$0{,}0005 \cdot L$

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Н.2

1	2
Обработка внутренних поверхностей упрочняющим инструментом	
Калибрование после растачивания (дорном и т. п.)	$0{,}0005 \cdot L$
Полирование	$0{,}00016 \cdot F_{\Sigma}$
Хонингование среднее	$0{,}126 \cdot h$
Хонингование тонкое	$0{,}121 \cdot h$
Суперфиниширование	$0{,}0238 \cdot D$
Суперфиниширование двукратное	$0{,}051 \cdot D$
Механическая притирка деталей из незакаленной стали	$0{,}00024 \cdot F_{\Sigma}$
Механическая притирка деталей из закаленной стали	$0{,}000225 \cdot F_{\Sigma}$
Обработка плоских поверхностей	
Фрезерование торцевой фрезой	
Фрезерование черновое	$0{,}0059 \cdot L$
Фрезерование чистовое	$0{,}00482 \cdot L$
Фрезерование тонкое	$0{,}00286 \cdot L$
Фрезерование цилиндрической фрезой	
Фрезерование черновое	$0{,}00666 \cdot L$
Фрезерование чистовое	$0{,}00352 \cdot L$
Фрезерование тонкое	$0{,}00166 \cdot L$
Подрезание бобышек торцевым зенкером	$0{,}0007 \cdot D \cdot L$
Строгание или долбление	
Строгание черновое	$0{,}0000434 \cdot B \cdot L$
Строгание чистовое	$0{,}0000034 \cdot B \cdot L$
Шлифование плоское торцом круга (стол с возвратно-поступательным движением)	
Шлифование предварительное	$0{,}0015 \cdot L$
Шлифование чистовое	$0{,}0013 \cdot L$
Шлифование тонкое	$0{,}0015 \cdot L$
Протягивание наружных плоских поверхностей	
Протягивание рядовое	$0{,}000286 \cdot L$
Протягивание чистовое	$0{,}0005 \cdot L$
Доводка плоских поверхностей	
Полирование ($B \cdot L = F_{\Sigma}$) B·L от 30×30 до 200×200	$0{,}00016 \cdot F_{\Sigma}$
Механическая притирка деталей из незакаленной стали	$0{,}00024 \cdot F_{\Sigma}$
Механическая притирка деталей из незакаленной стали	$0{,}000225 \cdot F_{\Sigma}$
Обработка винтовых поверхностей	
Нарезание резьбы метчиком, плашкой и винторезной нераскрывающейся головкой	$0{,}000319 \cdot D \cdot L$
Нарезание резьбы самораскрывающейся резьбонарезной головкой	$0{,}000112 \cdot D \cdot L$
Фрезерование резьб многониточной фрезой (наружные резьбы)	$0{,}033 \cdot D$
Накатывание резьб роликами и плашкой	$0{,}032 \cdot D$
Нарезание резьбы резцом черновое (однозаходная резьба)	$0{,}000278 \cdot D \cdot L$
Нарезание резьбы резцом чистовое (однозаходная резьба)	$0{,}000091 \cdot D \cdot L$
Шлифование резьбы чистовое (однозаходная резьба)	$0{,}0046 \cdot D \cdot L$

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Н.2

1	2
Обработка эвольвентных поверхностей	
Обработка зубьев цилиндрических зубчатых колес (m = 1...10 мм)	
Долбление зубьев черновое (за один обкат)	$B \cdot m \cdot (0{,}0035 + Z \cdot 0{,}000713)$
Долбление зубьев чистовое	$B \cdot m \cdot (0{,}0324 + Z \cdot 0{,}00084)$
Фрезерование черновое (вертикальная подача)	$0{,}00488 \cdot B \cdot Z$
Фрезерование чистовое (вертикальная подача)	$0{,}00943 \cdot B \cdot Z$
Шевингование чистовое	$0{,}001 \cdot B \cdot Z$
Шлифование коническим кругом по методу обката	$(0{,}027 \cdot L + 0{,}4) \cdot Z$
Обработка торцов зубьев пальцевой фрезой	
Закругление зубьев	$0{,}0384 \cdot Z$
Фрезерование зубьев червячных колес (m = 1...6 мм)	
Фрезерование черновое (фреза однозаходная)	$0{,}0346 \cdot D$
Фрезерование чистовое (фреза однозаходная)	$0{,}0212 \cdot D \cdot \sqrt{Z}$
Зубострогание прямозубых конических колес (m = 1...10 мм)	
Предварительное нарезание	$Z \cdot (0{,}00668 \cdot L + 0{,}05)$
Зубострогание чистовое	$0{,}2 \cdot Z$
Зубострогание тонкое	$0{,}25 \cdot Z$
Нарезание криволинейных конических колес зуборезными головками (m = 1...10 мм)	
Черновое нарезание	$0{,}36 \cdot Z$
Чистовое нарезание	$0{,}32 \cdot Z$
Обработка шлицевых поверхностей	
Фрезерование черновое	$0{,}0047 \cdot L \cdot Z$
Фрезерование чистовое	$0{,}0087 \cdot L \cdot Z$
Шлифование дна впадин шлицев	$0{,}00104 \cdot L \cdot Z$

Примечание:

B — ширина заготовки, мм;

D, d — диаметр заготовки (отверстия), мм;

L — длина заготовки, ступени, длина хода, протяжки, мм;

H — припуск на обработку, мм;

F_{Σ} — суммарная площадь обрабатываемой поверхности, мм^2;

Z — число зубьев зубчатого колеса, шлицевого вала, мм;

m — модуль зубчатого колеса, мм.

Витебский государственный технологический университет

Приложение П

Кодификатор функциональных модулей низких рангов

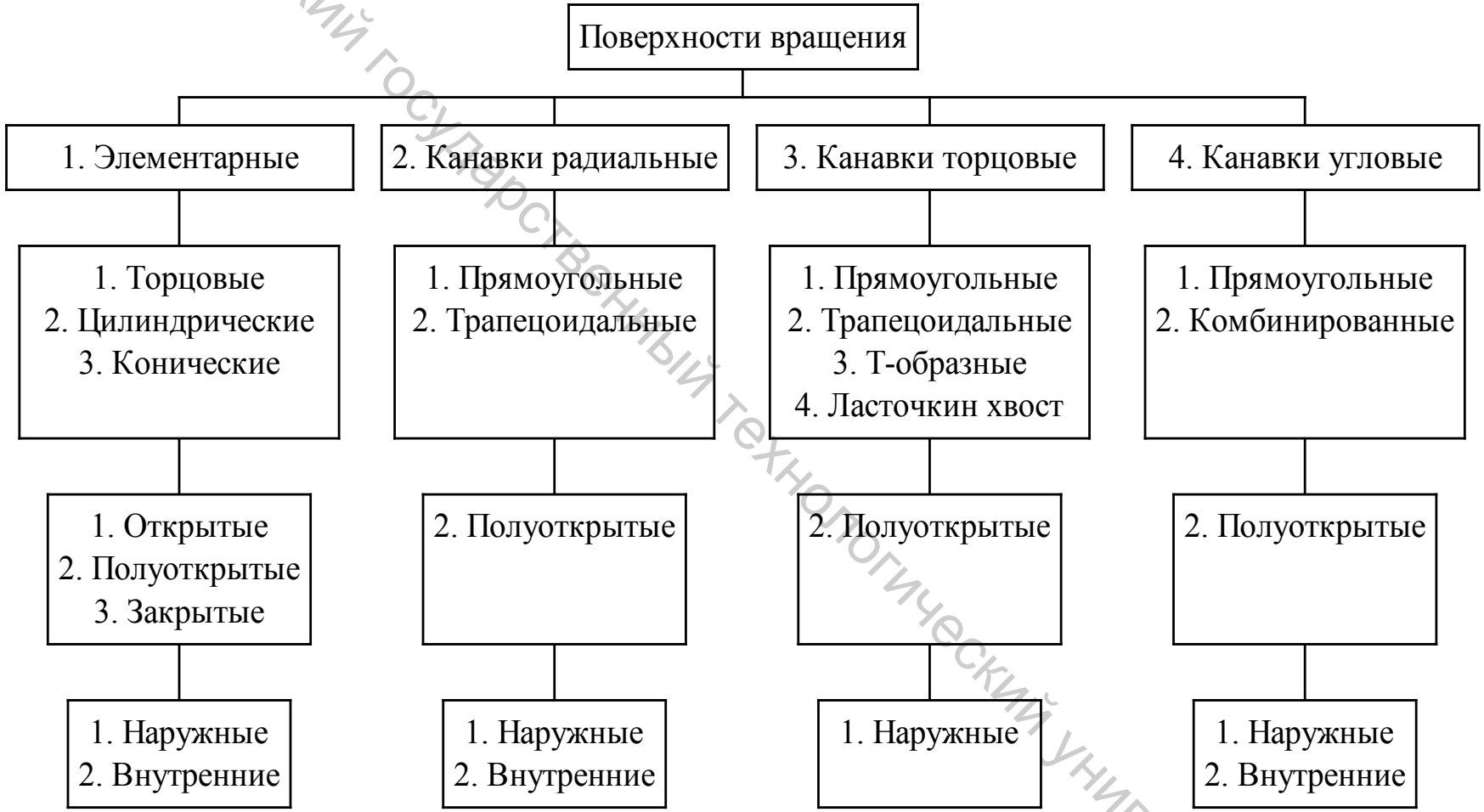


Рисунок П.1 – Кодификатор типовых поверхностей вращения

Витебский государственный технологический университет



Рисунок П.2 – Кодификатор типовых плоских поверхностей

Витебский государственный технологический университет

323

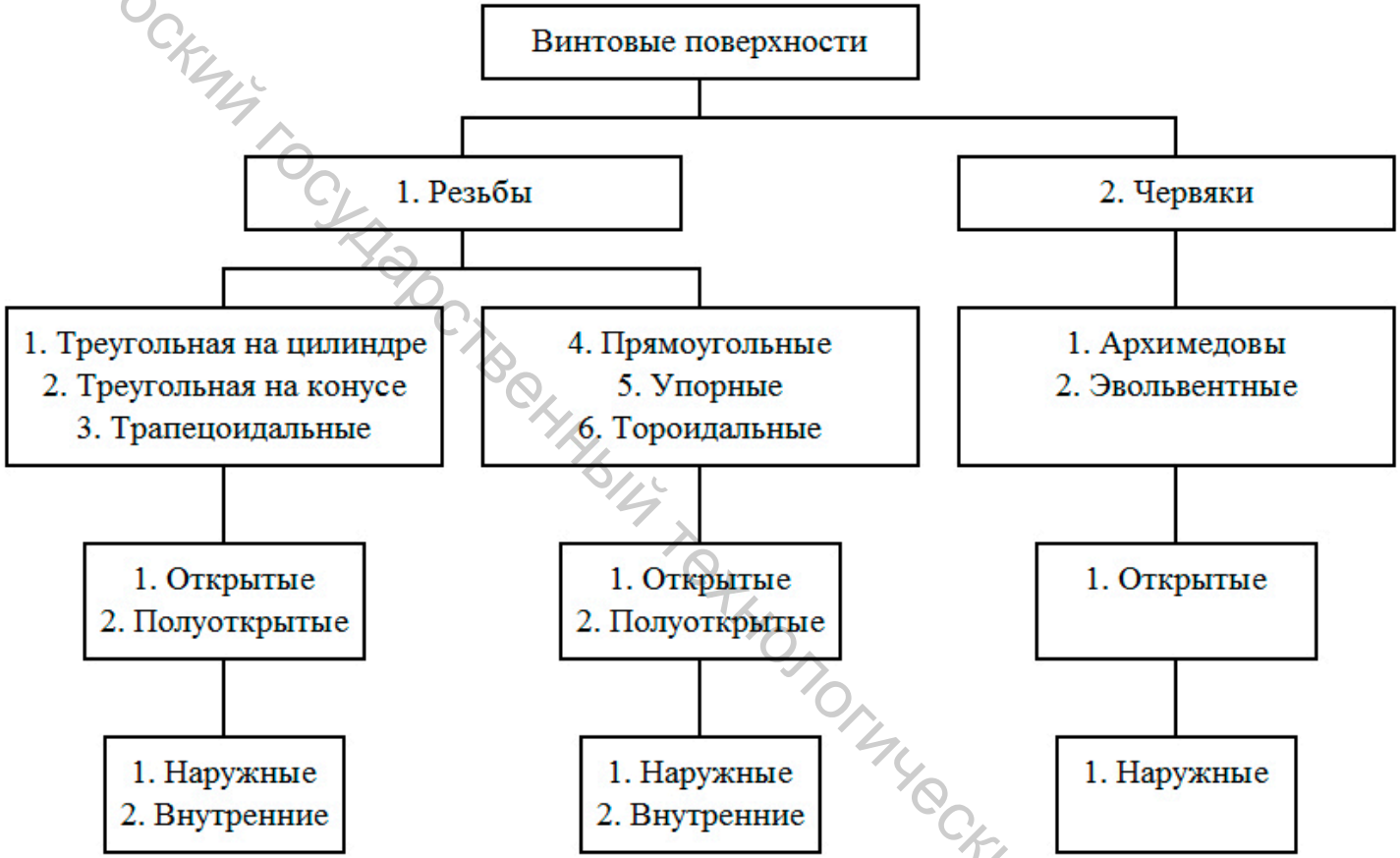


Рисунок П.3 – Кодификатор типовых винтовых поверхностей

Витебский государственный технологический университет

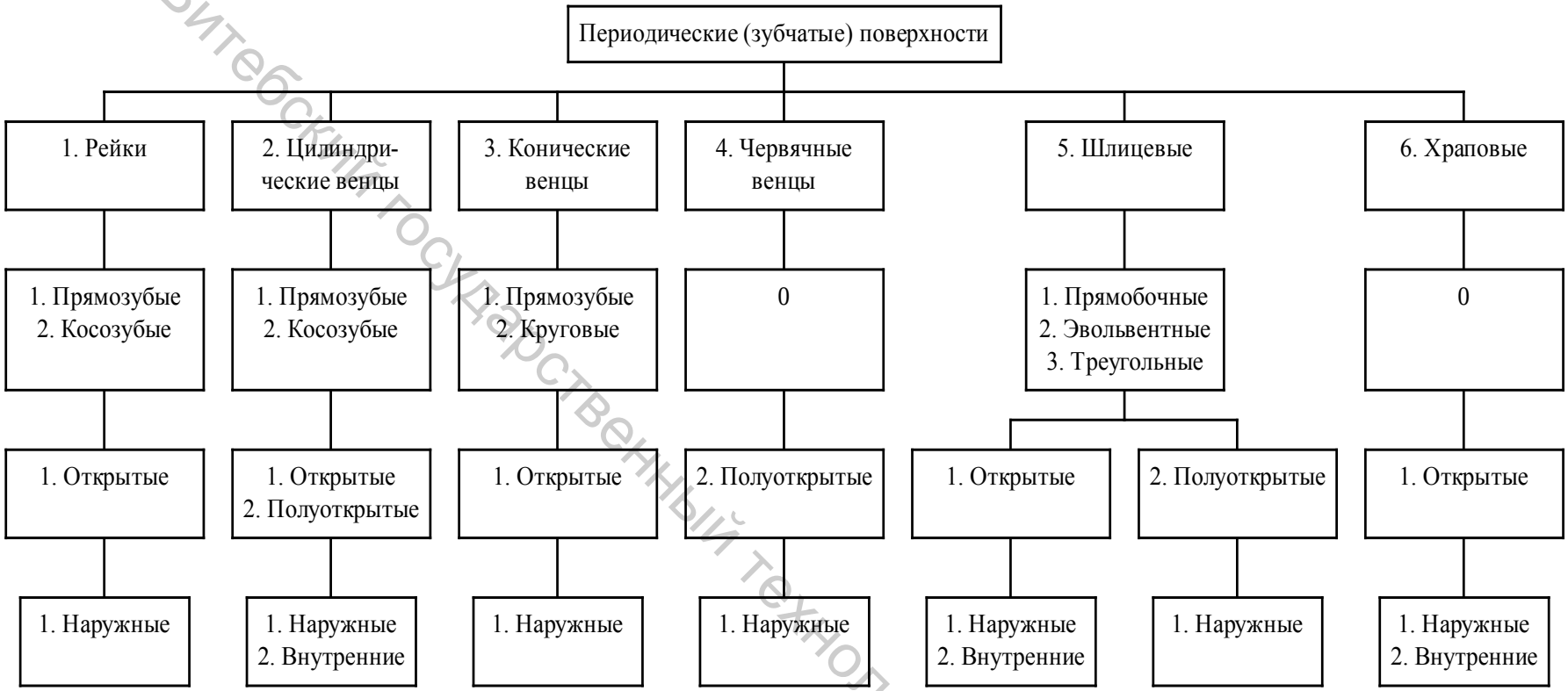


Рисунок П.4 – Кодификатор типовых зубчатых поверхностей

Витебский государственный технологический университет

325

Витебский государственный технологический университет

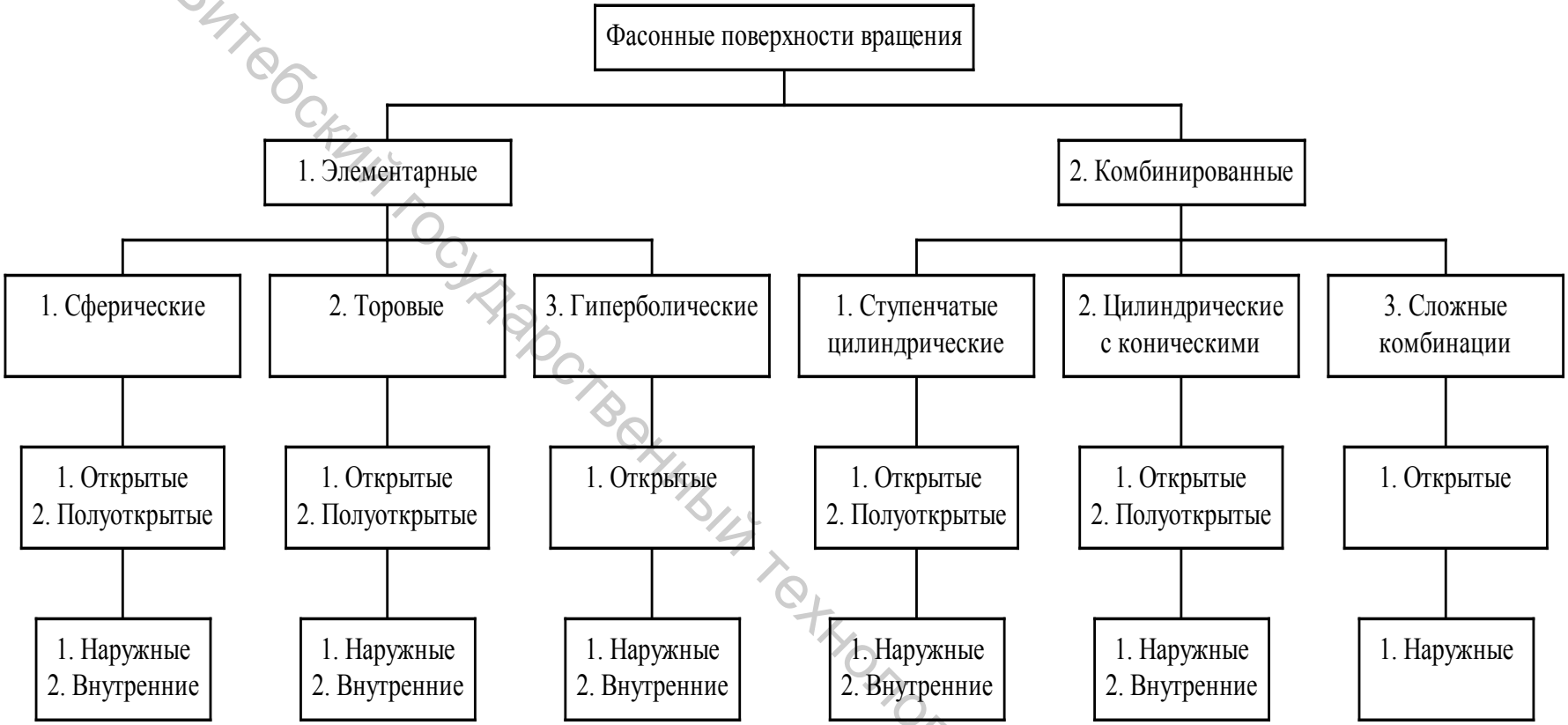


Рисунок П.5 – Кодификатор типовых фасонных поверхностей вращения

326

Приложение Р
Режущий, вспомогательный инструмент, приспособления

Р.1 Режущий инструмент

Резцы	
Токарные	
0101	Проходные прямые и отогнутые
	с пластинами из быстрорежущей стали (по ГОСТ 18869-73) из твердого сплава (по ГОСТ 18878-73) с пластинами из быстрорежущей стали и твердого сплава (по ГОСТ 18868-73)
0102	Проходные упорные
	отогнутые с углом в плане φ = 90° с пластинами из быстрорежущей стали (по ГОСТ 18870-73) прямые с пластинами из твердого сплава с углом в плане 90 (по ГОСТ 18879-73)
0103	Подрезные
	отогнутые с пластинками из быстрорежущей стали (по ГОСТ 18871-73) и твердого сплава (по ГОСТ 18880-73)
Расточные к токарным станкам	
0104	Проходной для открытых отверстий
	С углом в плане φ = 60 с пластинами из твердого сплава (по ГОСТ 18882-73)
	Цельные из твердого сплава со стальным хвостовиком для сквозных отверстий (по ГОСТ 18062-72)
	С напаянной пластиной из твёрдого сплава и пружинящей оправкой (по ГОСТ 18063-72)
0105	Проходной для полуоткрытых отверстий
	С углом в плане φ = 95 (по ГОСТ 18883-73)
	Цельные из твёрдых сплавов со стальным хвостовиком для глухих отверстий (по ГОСТ 18063-72)
0106	Канавочный комбинированный
0107	Канавочный прямой
0108	Канавочный радиусный
0109	Для обработки Т-образных пазов
Расточные державочные	
0110	Проходной для открытых отверстий
	для прямого крепления из быстрорежущей стали (по ГОСТ 10044-73) с пластинами из твердого сплава (по ГОСТ 9795-73) для косого крепления из быстрорежущей стали (по ГОСТ 9795-84)
0111	Проходной полуоткрытых отверстий
	упорный с углом в плане φ = 90 для прямого крепления из быстрорежущей стали (по ГОСТ 10044-73) упорный с пластинами из твердого сплава (по ГОСТ 9795-73)
0112	Расточной блок
Резцы строгальные	
0113	Проходной прямой и изогнутый
	с углом в плане φ = 45 с пластинами из твердого сплава (правые и левые) (по ГОСТ 18891-73)
	с пластинами из быстрорежущей стали (по ГОСТ 18887-73)
	с пластинами из твердого сплава (по ГОСТ 18891-73)

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Р.1

	чистовые широкие изогнутые (ГОСТ 10045-68)
	чистовые двусторонние изогнутые (ГОСТ 10045-68)
0114	Подрезные прямые
	(правые и левые) с пластинами из твёрдого сплава (по ГОСТ 18893-73)
0115	Для обработки ласточкиных хвостов (правые и левые)
0116	Канавочные для обработки ласточкиных хвостов (правые и левые)
0117	Для обработки Т-образных пазов (левые и правые)
0118	Специальные (правые и левые)
Сверла	
0201	Сверла спиральные
	из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком: Короткая серия ГОСТ 4010-77 из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком Нормальным ГОСТ 10903-77. Усиленным ГОСТ 10903-77. Удлиненные ГОСТ 2092-77. Длинные ГОСТ 12121-77. Для станков с ЧПУ ОСТ 2420-2-80 Твердосплавные и оснащенные пластинами из твердого сплава: Спиральные с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 22735-77 укороченная серия нормальная серия спиральные цельные укороченные ГОСТ 17273-71 спиральные с коническим хвостовиком ГОСТ 22736-77 укороченная серия нормальная серия спиральные цельные с коническим хвостовиком ГОСТ 17276-71
0202	Сверла шнековые
	с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком ТУ-2-035-426-75
0203	Сверла спиральные конические
	с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 18201-72 с коническим хвостовиком (ГОСТ 18202-72)
0204	Сверла центровочные
	спиральные с цилиндрическим хвостовиком для зацентровки под сверление ОСТ 2Н20-5-80
Зенкеры зенковки	
0301	Зенкеры
	цельные ГОСТ 12489-71 с коническим хвостовиком насадные Зенкеры, оснащенные пластиками из твердого сплава ГОСТ 3231-71 с коническим хвостовиком насадные Зенкеры насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали 2255-71 Зенкеры со вставными ножами, оснащенные пластинами из твердого сплава ГОСТ 122510-71 с коническим хвостовиком насадные
0302	Зенковки цилиндрические
	для обработки опорных поверхностей под крепежные детали с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком насадные с пластинами из твердого сплава для обработки опорных поверхностей

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Р.1

	с коническим хвостовиком насадные со сменной направляющей цапфой (для станков с ЧПУ) ОСТ 2 Н2-2-80 с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком
0304	Зенковки конусные
	с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком
Развертки	
0401	Машинные
	цельные ГОСТ 1672-80 с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком насадные d = 13-22 с удлиненной рабочей частью ГОСТ 11172-70 со вставными ножами из быстрорежущей стали ГОСТ 883-80 с коническим хвостовиком насадные d = 16-40 оснащенные пластинами из тв. сплава ГОСТ 11175-80 с коническим хвостовиком насадные d = 16-22 с привернутыми ножами, оснащенные пластинами из твердого сплава d = 22-80 ГОСТ 11176-71 цельные с коническим хвостовиком из твердого сплава ГОСТ 16087-70 цельные с цилиндрическим хвостовиком из твердого сплава ГОСТ 16086-70 с прямым зубом с наклонным зубом 10
0402	Конические
	ГОСТ 11184-71 ГОСТ 11182-71 (1:30) ГОСТ 10081-84 (1:50) 10079-71 ГОСТ 6226-71 (1:16)
Фрезы	
0501	Концевые
	с цилиндрическим хвостовиком (по ГОСТ 17025-71)
	с коническим хвостовиком (по ГОСТ 17026-71)
	обдирочные фрезы с коническим хвостовиком (по ГОСТ 15086-69)
	с коническим хвостовиком, оснащенные прямыми пластинами из твердого сплава (по ТУ 2-035-591-77)
	оснащенные винтовыми твердосплавными пластинами (ГОСТ 20536-75)
	твердосплавные фрезы (ГОСТ 18372-73)
	конические фрезы с коническим хвостовиком (ГОСТ 18151-72)
0502	Шпоночные (ГОСТ 9140-78)
	Шпоночные немерные (по ТУ 2-035-858-82)
	Шпоночные цельные твердосплавные (по ГОСТ 16463-80)
0503	Для обработки станочных Т-образных пазов (по ГОСТ 7063-72)
	Фрезы с напаянными твердосплавными пластинами для обработки Т-образных пазов (по ГОСТ 10673-63)
0504	Дисковые пазовые (по ГОСТ 3964-69)
	Пазовые затылованные (по ГОСТ 8543-71)

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Р.1

0505	Дисковые трехсторонние (ГОСТ 3755-78)
	Дисковые трехсторонние с разнонаправленными зубьями (по ГОСТ 9474-73)
	Трехсторонние со вставленными ножами из быстрорежущей стали (по ГОСТ 1669-78)
	Дисковые 3х сторонние со вставленными ножами, оснащенными твердым сплавом (ГОСТ 5348-69)
0506	Одноугловые фрезы (по ТУ 2-035-526-76)
0507	Двухугловые несимметричные (по ТУ 2-035-526-76)
0510	Торцовые насадные из быстрорежущей стали (ГОСТ 9304-69)
	Торцовые насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали (по ГОСТ 1092-60)
	Торцовые насадные со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава (по ГОСТ 9473-80
	Торцовые насадные фрезы со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава (ГОСТ 24359-80)
	Торцовые фрезы с механическим креплением пятигранных твердосплавных пластин (ГОСТ 22087-76)
0513	Фреза цилиндрическая
0514	Угловые для обработки направляющих типа «ласточкин хвост»
Плашки, метчики	
0601	Круглые плашки (по ГОСТ 9740-71) для нарезания метрических резьб
0602	Метчики с шейкой для метрической резьбы (по ГОСТ 3266-81)
0603	Метчики для нарезания дюймовой резьбы (по ГОСТ 3266-81)
0604	Метчик для конической резьбы (по ГОСТ 6217-80)
0605	Метчики бесстружечные машинно-ручные (по ГОСТ 18839-73)
Круги шлифовальные	
0701	ПП – прямого профиля
0702	2П – с двусторонним коническим профилем
0703	3П – с коническим профилем
0704	ПВ – с выточкой
	ПВК – с конической выточкой
	ПВДК – с двусторонней конической выточкой
	ПВД – с двусторонней выточкой
0705	К – кольцевые

Р.2 Вспомогательный инструмент

Таблица Р.2.1 – Державки суппортные для токарно-винторезных станков

Название	Обозначение	Нормаль
Пружинящие	6700-0031, 6700-0041	МН 2521-61
Отогнутые	6701-0001, 6701-0018	ГОСТ 13065-67
Поперечные	6701-0071, 6701-0075	ГОСТ 13068-67
Расточные прямые	6701-0101, 6701-0103	ГОСТ 13069-67
Расточные угловые	6701-0103, 6701-0132	ГОСТ 13070-67
Для инструмента с цилиндрическим хвостовиком	6708-0001, 6708-0002	МН 2351-61

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Р.2.1

Для дисковых резцов	6610-0001, 6708-0003	ГОСТ 13058-67
Для резьбовых резцов	6702-0001, 6702-0004	ГОСТ 2528-61
Для отрезных резцов	6705-0001, 6705-0007	ГОСТ 13071-67
Для накатки	6640-0001, 6640-0033	ГОСТ 13062-67
Для обкатки	6644-0001, 6644-0003	МН 2518-61

Втулки переходные для токарно-винторезных станков
6101-0022, 6101-0033 ГОСТ 13793-68
Патроны для метчиков и плашек к токарно-винторезным станкам
6161-0021, 6161-0024 МН 2313-61

Таблица Р.2.2 – Державки суппортные для токарно-карусельных станков

Название	Обозначение	Нормаль
Однорезцовые	6500-0401, 6500-0408	МН 1790-61
Двухрезцовые	6500-0501, 6500-0508	МН 1791-61
Многорезцовые правые	6500-0151, 6500-0154	МН 1787-61
Многорезцовые левые	6500-0101, 6500-0102	МН 1786-61

Таблица Р.2.3 – Втулки переходные с конусом Морзе для токарно-карусельных станков

Название	Обозначение	Нормаль
Нормальные	6105-0105, 6105-0156	МН 1776-61
Удлиненные	6105-0251, 6105-0258	МН 1778-61

Таблица Р.2.4 – Втулки для сверлильных станков

Название	Обозначение	Нормаль
Переходные короткие	6100-0141, 6100-0149	ГОСТ 13598-68
Переходные длинные	6100-0151, 6100-0163	ГОСТ 13699-68
Разрезные	6112–0271, 6112–0290	МН 5744-65

Таблица Р.2.5 – Патроны быстросменные и вставки для сверлильных станков

Название	Обозначение	Нормаль
Патроны быстросменные	6152-0151, 6100-0149	ГОСТ 14077-68
Вставки сменные для инструмента с коническим хвостовиком	6120-0341, 6120-0349	ГОСТ 13409-67
Вставки для метчиков	6143-0101	ГОСТ 15936-70

Таблица Р.2.6 – Патроны плавающие для сверлильных станков

Название	Обозначение	Нормаль
Для инструмента с коническим хвостовиком	6156-0001, 6156-0003	МН 1182-65
Для инструмента с цилиндрическим хвостовиком	6156-0011, 6156-0012	МН 1183-65
Для разверток	6156-0071, 6156-0077	МН 5752-65

Витебский государственный технологический университет

Таблица Р.2.7 – Оправки для насадного инструмента для сверлильных станков

Название	Обозначение	Нормаль
Жесткие для зенкеров и разверток	6230-0181, 6230-0197	ГОСТ 13044-67
Качающиеся для зенкеров и разверток	6230-0051, 6230-0063	МН 1187-65
Для зенковок прямых	6230-0031, 6230-0038	ГОСТ 15602-70
Для зенковок обратных	6230-0151, 6230-0171	МН 1188-65

Таблица Р.2.8 – Борштанги для горизонтально-расточных станков

Название	Обозначение	Нормаль
Консольные расточные прямые	6300-0331, 6300-0350	ГОСТ 21221–75
Консольные расточные угловые	6300-0371, 6300-0380	ГОСТ 21222-75
Консольные под пластинчатый инструмент	6304-0001, 6304-0017	МН 2648-61
Консольные для обтачивания	6500-0061, 6500-0068	МН 2659-61
Для задней подрезки торцев+	6500-0021, 6500-0028	МН 2657-61

Таблица Р.2.9 – Резцедержатели, суппорты для горизонтально- расточных станков

Название	Обозначение	Нормаль
Прямые резцедержатели	6349-0001, 6349-0002	МН 2656-61
Наклонные резцедержатели	6043-0041, 6043-0042	МН 2627-61
Суппорты «летучие»	6360-0001, 6360-0003	МН 2656-61

Таблица Р.2.10 – Оправки и патроны для фрез

Название	Обозначение	Нормаль
Для торцевых фрез с продольн. шпонкой	6220-0131, 6220-0134	ГОСТ 13042-67
С торцевой шпонкой для торцевых фрез	6220-0141, 6220-0151	ГОСТ 13041-67
Патроны для концевых фрез	6151-0171, 6151-0185	МН 2638-61

Таблица Р.2.11 – Оправки и патроны для фрез торцевых и концевых

Название	Обозначение	Нормаль
Патроны для фрез с цилиндрическим хв.	6151-0001, 6151-0003	МН 5264
Оправки для торцевых фрез	6222-0031, 6220-0037	ГОСТ 13785-68
Оправки для насадных фрез	6222-0051, 6222-0070	ГОСТ 13786-68

Таблица Р.2.12 – Втулки переходные для концевых фрез и оправок

Название	Обозначение	Нормаль
Для фрез с отжимной гайкой	6101-0091, 6101-0097	ГОСТ 13792-68
Для фрез	6103-0001, 6103-0008	ГОСТ 13790-68
Для оправок	6103-0021, 6103-0026	ГОСТ 13791-68

Витебский государственный технологический университет

Таблица Р.2.13 – Оправки для горизонтально-фрезерных станков

Название	Обозначение	Нормаль
С цилиндрической цапфой	6225-0131, 6225-0156	ГОСт 15067-75
С поддерживающей втулкой	6225-0171, 6225-0189	ГОСТ 15068-75
С поддерживающей буксой и конусом Морзе	6224-0291, 62274-0308	ГОСТ 15070-75

Р.3 Стандартизованные приспособления

Таблица Р.3.1 – Патроны

Название и конструкция	Обозначение	Стандарт
Самоцентрирующие трехкулачковые с цельными кулачками	7100-0001 7100-0005 7100-0009 7100-0019	ГОСТ 2675-71
Самоцентрирующие трехкулачковые со сборными кулачками	7100-0006, 7100-0008	ГОСТ 2675-71
Поводковые для резьбовых шпинделей	7108-0051 7108-0062	ГОСТ 2572-72
Токарные поводковые	7108-0021 7108-0030	ГОСТ 2571-71
Самоцентрирующие двухкулачковые	7102-0001 7102-0010	ГОСТ 14903-69
Четырехкулачковые с независимым перемещением кулачков	7103-0001 7103-0053	ГОСТ 3890-72

Таблица Р.3.2 – Оправки

Название и конструкция	Обозначение	Стандарт
Конические центровые	7110-0361…7110-0420	ГОСТ 16211-70
Цилиндрические центровые	7110-0431…7110-0516	ГОСТ 16212-70
Цилиндрические ступенчатые центровые	7110-0526…7110-0581	ГОСТ 16213-70
Кулачковые шпиндельные	7112-0851…7112-0861	ГОСТ 17528-72
Кулачковые шпиндельные с пневмозажимом	7113-0181…7113-0191	ГОСТ 17259-72
Кулачковые фланцевые	7112-0871…7112-0894	ГОСТ 17530-72
Кулачковые фланцевые с пневмозажимом	7113-0201…7113-0224	ГОСТ 17501-72
Оправки зубчатые (шлицевые) прямобочные конические центровые	7150-0351…7150-0403	ГОСТ 18437-73
Оправки зубчатые (шлицевые) прямобочные центровые	7150-0421…7150-0486	ГОСТ 18438-73
Оправки зубчатые (шлицевые) прямобочные центровые с прессовой посадкой изделия	7150-0501…7150-0547	ГОСТ 18439-73
Оправки зубчатые (шлицевые) прямобочные шпиндельные	7150-0561…7150-0630	ГОСТ 18440-73

Таблица Р.3.3 – Кондукторы скальчатые

Название и конструкция	Обозначение	Стандарт
Консольные с конусным зажимом	7300-0261…7300-0269	ГОСТ 16888-71
Конусные с пневматическим зажимом	7300-0276…7300-0283	ГОСТ 16889-71
Портальные с конусным зажимом	7300-0241…7300-0246	ГОСТ 16891-71
Портальные с пневматическим зажимом	7300-0251…7300-0256	ГОСТ 16892-71

Витебский государственный технологический университет

Таблица Р.3.4 – Столы поворотные круглые с ручным и механическим приводами

Название и конструкция	Обозначение	Стандарт
Исполнение 1	7204-0001…7204-0010	ГОСТ 16936-72
Исполнение 2	7204-0021…7204-0024	

Таблица Р.3.5 – Тиски и плиты

Название и конструкция	Обозначение	Стандарт
Тиски станочные с ручным и механизированным приводами	7200-0201…7200-0232	ГОСТ 14904-69
Плиты прямоугольные магнитные	7208-0001…7208-0020	ГОСТ 16528-70
Плиты прямоугольные электромагнитные	7208-0031…7208-0090	ГОСТ 17519-72

Витебский государственный технологический университет

Приложение С
Классификация, система обозначений и технические характеристики металлорежущих станков

Металлорежущие станки в зависимости от вида обработки делят на девять групп (таблица С.1), а каждую группу – на десять типов (подгрупп), характеризующих назначение станков, их компоновку, степень автоматизации или вид применяемого инструмента. Группа 4 предназначена для электроэрозионных, ультразвуковых и других станков.

Обозначение модели станка состоит из сочетания трех или четырех цифр и букв. Первая цифра означает номер группы, вторая — номер подгруппы (тип станка), а последние одна или две цифры — наиболее характерные технологические параметры станка. Например, 1Е116 означает токарно-револьверный одношпиндельный автомат с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка 16 мм; 2Н125 означает вертикально-сверлильный станок с наибольшим условным диаметром сверления 25 мм. Буква, стоящая после первой цифры, указывает на различное исполнение и модернизацию основной базовой модели станка. Буква в конце цифровой части означает модификацию базовой модели, класс точности станка или его особенности. Классы точности станков обозначают: Н – нормальной; П – повышенной; В – высокой, А – особо высокой точности и С – особо точные станки. Принята следующая индексация моделей станков с программным управлением: Ц – с цикловым управлением; Ф1 – с цифровой индексацией положения, а также с предварительным набором координат; Ф2 – с позиционной системой ЧПУ; ФЗ с контурной системой ЧПУ; Ф4 – с комбинированной системой ЧПУ. Например, 16Д20П – токарно-винторезный станок повышенной точности; 6Р13К-1 – вертикально-фрезерный консольный станок с копировальным устройством; 1Г340ПЦ - токарно-револьверный станок с горизонтальной головкой, повышенной точности, с цикловым программным управлением; 2455АФ1 – координатно-расточный двухстоечный станок особо высокой точности с предварительным набором координат и цифровой индикацией; 2Р135Ф2 – вертикально-сверлильный станок с револьверной головкой, крестовым столом и с позиционной системой числового программного управления; 16К20ФЗ – токарный станок с контурной системой числового программного управления; 2202ВМФ4 – многоцелевой (сверлильно-фрезерно-расточный) горизонтальный станок высокой точности с инструментальным магазином и с комбинированной системой ЧПУ (буква М означает, что станок имеет магазин с инструментами).

Станки подразделяют на широкоуниверсальные, универсальные (общего назначения), специализированные и специальные.

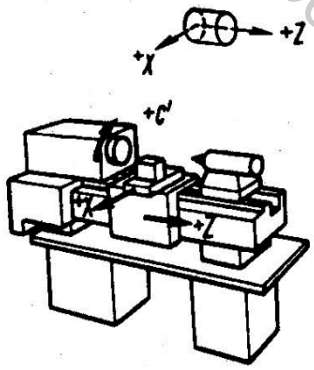
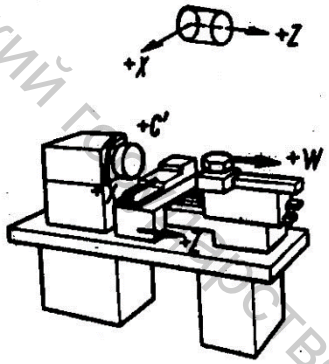
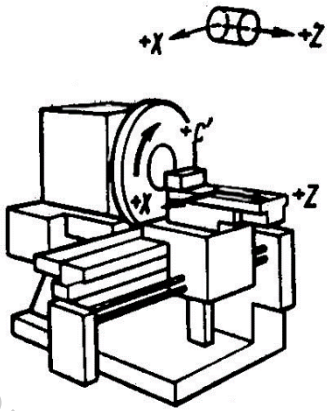
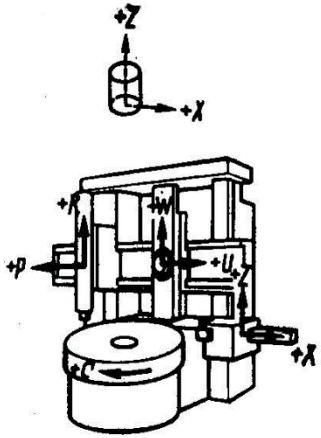
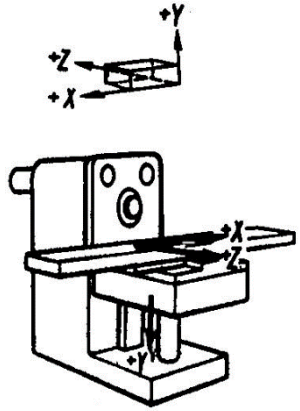
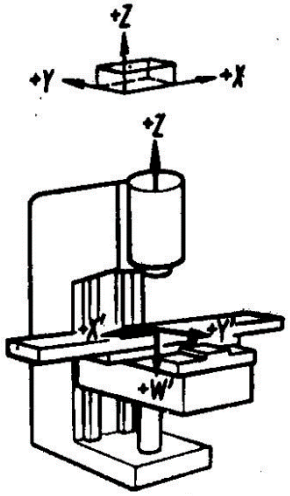
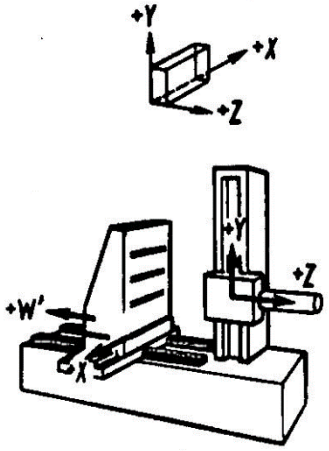
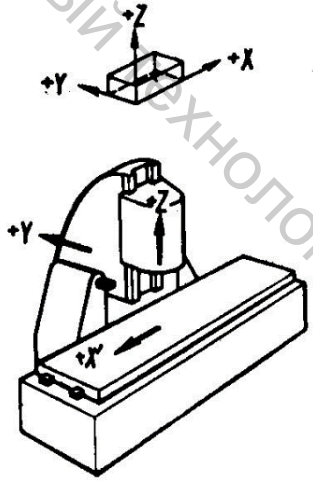
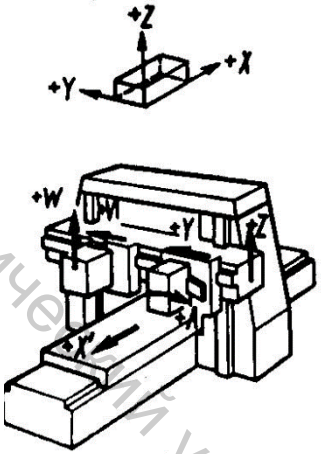
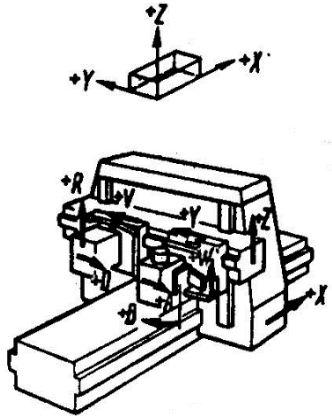
Витебский государственный технологический университет

Таблица С.1 – Классификация металлорежущих станков

Станки	Группа	Типы станков									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы: специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные	Токарно-револьверные	Токарно-револьверные полуавтоматы	Карусельные	Токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
Сверлильные и расточные	2		Настольно- и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы: одношпиндельные	многошпиндельные	Координатно-расточные	Радиально- и координатно сверлильные	Расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Шлифовальные, полировальные доводочные, заточные	3		Круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные станки, работающие абразивом
Электрофизические и электрохимические	4			Светолучевые		Электрохимические			Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Резьбонарезные	Зубодолбежные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбо- шлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Фрезерные	6	Барабанно-фрезерные	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикально-фрезерные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	7		Продольные: одностоечные	двухстоечные	Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания: внутреннего	Наружного		Разные строгальные станки
Разрезные	8		Отрезные, работающие: резцом	абразивным кругом	гладким или насеченным диском	Правильно-отрезные	Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные		
Разные	9		Трубо- и муфтообрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно и бесцентрово-обдирочные	Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные			

Высокий государственный технологический университет

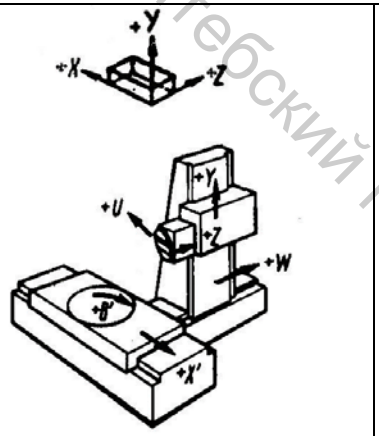
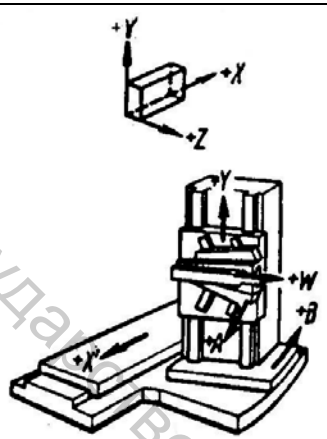
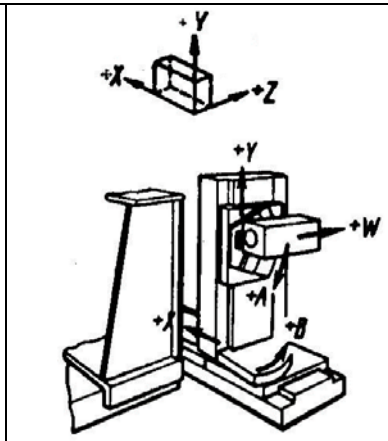
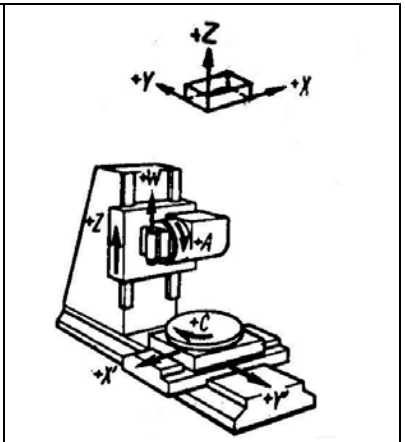
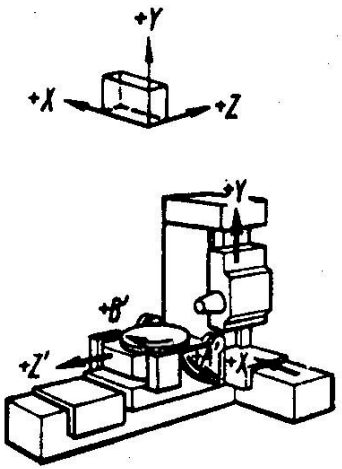
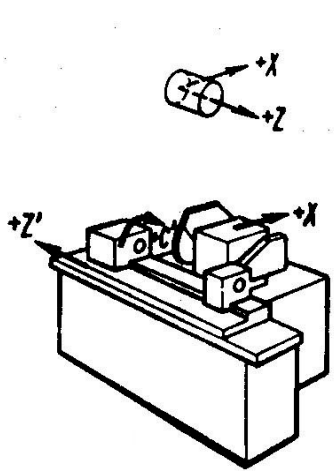
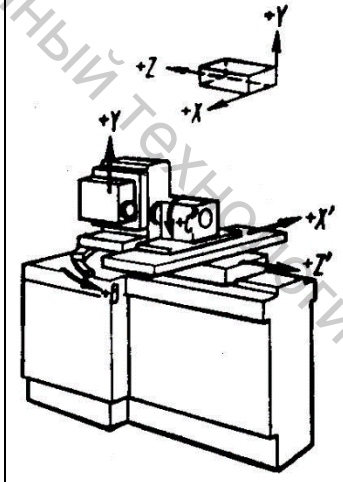
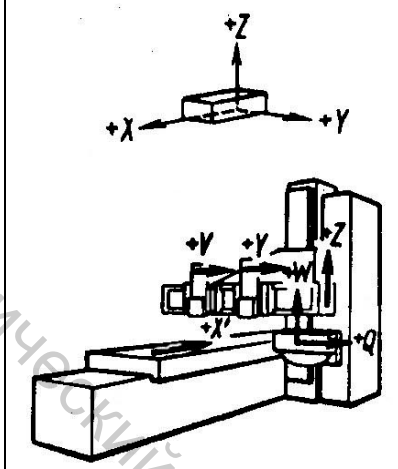
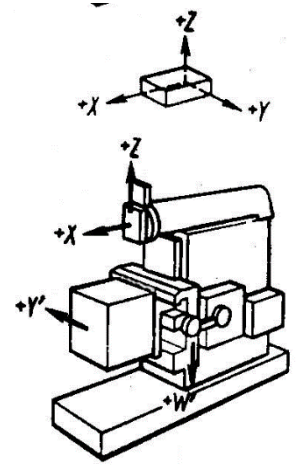
Таблица С.2 – Компоновки и движения станков

				
а	*б*	*в*	*г*	*д*
				
е	*ж*	*з*	*и*	*к*

Витебский государственный технологический университет

337

Окончание таблицы С.2

			
л	*м*	*н*	*о*
				
п	*р*	*с*	*т*	*у*

На компоновках изображены: *а* – токарно-винторезный станок; *б* – токарно-револьверный станок; *в* – лоботокарный станок; *г* – токарно-карусельный станок; *д* – консольно-фрезерный горизонтальный станок; *е* – вертикальный координатно-расточной станок, консольно-фрезерный вертикальный, вертикально-сверлильный станок; *ж* – горизонтально-расточной станок, горизонтально-фрезерный станок; *з* – продольно-фрезерный вертикальный станок; *и* – портальный продольно-фрезерный станок; *к* – портальный копировально-фрезерный станок; *л* – горизонтально-расточной станок; *м* – пятикоординатный фрезерный станок с подвижным столом; *н* – пятикоординатный фрезерный станок с горизонтальным шпинделем; *о* – пятикоординатный фрезерный станок с крестовым поворотным столом и поворотной бабкой; *п* – пятикоординатный фрезерный станок с продольно-подвижным и поворотным столом; *р* – универсальный круглошлифовальный станок; *с* – станок для заточки режущего инструмента; *т* – одностоечный продольно-строгальный станок; *у* — поперечно-строгальный станок.

Витебский государственный технологический университет

Таблица С.3 – Технические характеристики токарно- карусельных станков

Параметры	1512	1А512МФ3	1516	1516Ф1	1А516МФ3	1525	1А525МФ3	1А532ЛМФ3	1540	1550	1580Л	1Л532	1563	1580Л	1А592
Наибольшие параметры обрабатываемой заготовки:															
диаметр	1250	1450	1600	1600	1800	2500	2500	3150	4000	5000	8000	3200	6300	8000	12500
высота	1000	1000	1000	1000	1600	1600	1600	2400	2000	2500	3200	1600	3200	3200	5000
масса, кг	4000	6300	5000	6300	10000	13000	20000	25000	63000	63000	125000	16000	125000	125000	320000
Набольшее перемещение вертикального (револьверного) суппорта:															
горизонтальное	775	1315	950	950	1315	1390	1585	1910	2300	2800	4400	1720	3720	4370	–
вертикальное	700	800	700	700	1250	1200	1100	1100	1250	1600	2000	1200	2000	2000	3200
Диаметр планшайбы	1120	1120	1400	1400	1400	2250	2240	2800	4000	4500	7100	2800	6300	7100	11200
Частота вращения планшайбы, об/мин	5-250	1-335	4-200	4-200	0,9-280	1,6-80	бестп	бестп	0,52-48,7	0,34-31,2	0,22-20,1	1,25-63	0,28-25,5	0,22-20,1	0,28-23,2
Подача суппорта вертикальная и горизонтальная, мм/мин	5-1800	0,1-1000 бестп	5-1800	0,1-1000	0,1-1000	0,1-1280	0,1-1000	0,1-1000	0,059-470	0,044-352	0,0352-285	0,1-1000	0,0352-285	0,0352-285	0,022-160
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	30	55	30	30	75	40	55*	100*	125	125	125	55	125	125	125
Габаритные размеры:															
длина	2875	5050	3190	3170	5200	5065	7330	8090	5920	6560	8615	5485	8213	8615	16935
ширина	2660	3950	3360	3025	3950	5280	6475	6935	10144	11410	17600	6040	1420	17600	25300
высота	4100	4790	4100	4100	4790	4910	5300	5300	7200	8400	9765	4910	9765	9765	18775
Масса, кг	16500	26000	19200	21000	27000	35500	47000	55000	100000	140500	248000	43000	223000	248000	780000

*Электродвигатели постоянного тока

Примечание. 1) станки 1512, 1А512МФ3, 1516, 1516Ф1, 1А516МФ3 – одностоечные, остальные модели двухстоечные; 2) станки с ЧПУ модель 1А512МФ3, 1А516МФ3, 1А525МФ3, 1А532ЛМФ3 выполняют с четырьмя, а модель 1516Ф1 – с двумя управляемыми координатами по программе: дискретность системы управления (цифровой индикации) 0,01 мм.

Витебский государственный технологический университет

Таблица С.4 – Технические характеристики токарно-винторезных и токарных станков

Параметры	16Т02А	16Б04А	16Б05П	16Б16А	16Б16	16Л20, 16Л20П	16К20, 16К20П	16К20Ф3	16К20Т1	16К25	1М63БФ 101	16К30Ф3 05	16К40П	1А660	1А670
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, не более:															
над станиной	125	200	250	320	320	400	400	400	500	500	630	630	800	1250	2000
над суппортом	75	115	145	180	125	210	220	220	215	290	350	320	450	900	1600
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя	8	14	16	36	36	34	53	53	53	53	65	70	85	–	–
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	250	350	500	750	750	1500	710; 1400; 2000	1000	900	710; 1400; 2000	2800	1400	2000; 4000; 6000	6000; 8000; 10000	10000
Шаг нарезаемой резьбы:															
метрической	—	0,2-28	0,2-28	0,25-56	0,05-40,95	0,25-56	0,5-112	До 20	0,01-40,959	0,5-112	1-224	До 10	1-228	1-96	2-384
дюймовой, число ниток на дюйм	—	96-5	96-5	112-05	—	56-0,25	56-0,5	—	—	56-0,5	56-0,25	—	56-0,25	20-3/8	—
модульной, модуль	—	0,1-14	0,1-14	0,25-56	—	0,5-112	0,5-112	—	—	0,5-112	0,5-112	—	0,25-88	—	—
питчевой, питч	—	—	—	112-0,5	—	112-0,5	56-0,5	—	—	56-0,5	112-0,5	—	224-1	—	—
Частота вращения шпинделя, об/мин	320-3200	320-3200	30-3000	20-2000	40-2000	16-1600	12,5-1600	12,5-2000	10-2000	12,5-1600	10-1250	6,3-1250	6,3-1250	1,6-200	1-125
Число скоростей шпинделя	6	б/с	б/с	21	18	21/18	22	22	24	22	22	24	24	б/с	б/с
Наибольшее перемещение суппорта															
продольное	65	—	540	700	700	1440	645-1935	900	900	645-1935	2520	1250	—	—	10400
поперечное	60	—	160	210	210	240	300	250	250	300	400	370	—	—	715
подача суппорта, мм/об (мм/мин):															
продольная	—	0,01-0,175	0,02-0,35	0,01-0,7	(2-1200)	0,05-2,8	0,05-2,8	(3-1200)	0,01-2,8	0,05-2,8	0,06-1	(1-1200)	0,055-1,2	0,06-3,4	0,04-84,7
поперечная	—	0,005-0,09	0,01-0,175	0,005-0,35	(1-1200)	0,025-1,4	0,025-1,4	(1,5-600)	0,005-1,4	0,025-1,4	0,024-0,31	(1-600)	0,023-0,5	0,03-1,7	0,02-42,4
Число ступеней подач	—	—	—	—	б/с	—	24	б/с	б/с	—	32	б/с	—	12	—

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы С.4

Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин:															
продольного	—	—	—	—	6000	4000	3800	4800	6000	3800	4500	4800	—	2000	2400
поперечного	—	—	—	—	5000	2000	1900	2400	5000	1900	1600	2400	—	2000	2400
Мощность эл. гл. привода, кВт	0,27	1,1	1,5	4,6	7,1	6,3	11	10	11	11	15	22	18,5	55	100
Габаритные размеры (без ЧПУ):															
длина	695	1310	1510	2280	3100	2920	2505-3795	3360	3700	2505-3795	4950	4350	4655	12200	22200
ширина	520	390	725	1060	1390	1035	1190	1710	1770	1240	1780	2200	5465	2400	4300
высота	300	1360	1360	1485	1870	1450	1500	1750	1700	1500	1550	1600	6665	2070	2850
Масса, кг	350	1245	715	2100	2350	2050	2835	4000	3800	2925	5620	6300	5800	41700	120000

Таблица С.5 – Технические характеристики радиально-сверлильных станков

Параметр	2М55	2554	2Ш55	2Р53	2М57	2М58-1
Наибольший условный диаметр сверления в стали	50	50	50	50	75	100
Расстояние от оси шпинделя до образующей (направляющей) колонны (вылет шпинделя)	375-1600	350-1600	850-1600	750-3150	500-2000	500-3150
Расстояние от нижнего торца шпинделя до рабочей поверхности плиты (или до головки рельса)	450-1600	200-1600	150-1800	815-2265	400-2000	370-2500
Наибольшее перемещение:						
вертикальное, рукава на колонне	750	1000	1250	1050	1100	1500
горизонтальное, сверлильной головки по	1225	1250	750	—	1500	2650
Наибольшее вертикальное перемещение шпинделя:	—	400	400	400	—	630
Конус Морзе отверстия шпинделя	5	5	5	—	6	6
Число скоростей шпинделя	21	—	21	21	22	22
Частота вращения шпинделя, об/мин	20-2000	18-2000	10-1000	20-2000	12,5-1600	10-1250
Число подач шпинделя	12	—	8	12	18	18
Подача шпинделя, мм/об	0,056-2,5	0,05-5	0,1-1,12	0,056-2,5	0,063-3,15	0,063-3,15
Наибольшая сила подачи, МН	20	20	16	16	32	50
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	5,5	5,5	4	5,5	7,5	13
Габаритные размеры:						
длина	2665	2685	4280	5585	3500	4850
ширина	1020	1028	1650	1930	1630	1830
высота	3430	3390	3550	3470	470	4885
Масса, кг	4700	4750	8000	12600	10500	18000

Витебский государственный технологический университет

Таблица С.6 – Технические характеристики вертикально-сверлильных станков

Параметры	2Н106П	2М112	2Н118	2Н125Л	2Н125	2Н135	2Р135Ф2-1	2Н150	2Г175	2Г175М	21104Н7Ф4
Наибольший условный диаметр сверления в стали	6	12	18	25	25	35	35	50	75	8	25
Рабочая поверхность стола	200×200	250×250	320×360	диаметр 400	400×450	450×500	400×710	500×560	560×630	710×1250	400×630
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола	250	400	650	700	700	750	600	800	850	828	—
Вылет шпинделя	125	190	200	250	250	300	450	350	450	200-760	—
Наибольший ход шпинделя	—	100	150	150	200	250	—	300	—	—	—
Наибольшее вертикальное перемещение:											
сверлильной головки	130	300	300	215	170	170	560	250	710	500	500
стола	—	—	350	525	270	300	—	360	—	—	—
Конус Морзе отверстия шпинделя	1	28	2	3	3	4	4	5	6	1, 2 или 3	—
Число скоростей шпинделя	7	5	9	9	12	12	12	12	12	12	—
Частота вращения шпинделя, об/мин	1000-8000	450-4500	180-2800	90-1420	45-2000	31-1400	45-2000	22-1000	18-800	22-1000	30-3000
Число подач шпинделя	—	—	—	3	9	9	18	12	33	12	б/с
Подача шпинделя, (револьверной головки) мм/об	ручная	ручная	ручная	0,1-0,3	0,1-1,6	0,1-1,6	10-500 мм/мин	0,05-2,24	0,018-4,5	0,05-2,24	50-2000 мм/мин
Мощность главного привода, кВт	0,4	0,6	1,5	1,5	2,2	4,0	3,7	7,5	11	11	5,5
Габаритные размеры:											
длина	560	770	870	770	915	1030	1800	1355	1420	1500	2680
ширина	405	370	590	780	785	825	2170	890	1920	1800	3320
высота	625	820	2080	2235	2350	2535	2700	2930	3385	3650	3190
Масса, кг	80	120	450	620	880	1200	4700	1870	4250	5000	8500

Примечания: 1. На базе станка 2Н106П выпускают станки 2Н106П-2, 2Н106П-3 и 2Н106П-4 соответственно с двумя, тремя и четырьмя одинаковыми сверлильными головками с индивидуальными электродвигателями. 2. Станки 2Н106П и 2Н112 настольные, а станок 2Н125Л облегченно-упрощенный. 3. Станок 2Р135Ф2-1 с шестипозиционной револьверной головкой, крестовым столом и ЧПУ. 4. Станок 2Г175М имеет 28 одновременно работающих раздвижных шпинделей с наименьшим расстоянием между шпинделями по диаметру 65 мм.

Витебский государственный технологический университет

Таблица С.7 – Технические характеристики координатно-расточных и координатно-шлифовальных станков

Параметры	2421	2431	2Д450	2Д450АФ	2Е450АФ	2Е440А	2455	2Б460А; 2Е460А	2Е470А	3283С
Размеры рабочей пов. стола	250×450	320×560	630×1100	630×1120	630×1120	400×710	430×900	1000×1600	1400×2240	320×560×100
Вылет шпинделя / расст. м-ду стойками	280/—	375/—	710/—	710/—	710/—	630/—	—/1000	—/1400	—/2000	390/—
Расстояние от торца шпинделя (вертикального) до рабочей поверхности стола	100-400	120-500	200-830	200-750	200-770	158	80-800	60-1100	170-1400	115-520
Наибольшая масса обр. изделия, кг	150	250	600	600	600	320	800	2000	2500	300
Наибольшее перемещение:										
стола:										
продольное	320	400	1000	1000	1000	630	800	1400	2000	400
поперечное	200	250	630	630	630	400	—	—	—	250
гильзы шпинделя (или шпинделя)	100	150	270	260	260	200	220	360	360	100
шпиндельной бабки:										
вертикальное	200	230	330	—	310	270	—	720	900	280
Наибольший диаметр:										
сверления в стали	10	18	30	30	30	25	30	40	40	—
растачивания или шлифования	80	125	250	250	250	250	250	320	320	3-220
Частота вращения шпинделя, об/мин	135-3000	75-3000	50-2000	32-2000	10-2000	500-2000	—	20-2000	20-2000	12000-96000
Подача, мм/мин(мм/об):										
шпинделя	(0,015-0,06)	(0,02-0,2)	(0,03-0,16)	2-250	1,2-1000	(0,03-0,16)	2,5-500	—	—	0-5000
стола	—	22-600	30-300	20-400	0,4-6000	20-315	2,5-500	0,8-630	0,8-630	1-600
Скорость быстрого перемещения, мм/мин:										
стола	—	1600	1500	2200	—	1600	1500	2500	2500	2000
шпиндельной бабки	—	—	—	3000	3150	—	1500	1600	1600	750
Мощность электропривода главного движения, кВт	1	1,9; 2,2	2	2	7,2	4,5	4,5	2,3; 3,9	2,3; 3,9	0,5
Габаритные размеры:										
длина	1790	1780	3305	5490	3028	2440	2910	4665	6015	1600
ширина	900	1330	2705	4430	3765	2195	2240	3440	4060	1580
высота	2020	2430	2800	2800	3000	2385	2680	4170	4610	2340

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.7

Масса, кг	1985	3435	7800	9178*	7990	3400	7000	17000	33000	3850

Примечания: 1. Станки 2455, 2Б460А, 2Е460А, 2Е470А, 3289 двухстоячные, остальные – одностоячные. 2. Станки 3Б282, 3289 и 3283С координатно-шлифовальные. 3. Станки 2421, 2431 и 3283С особоточные. 4. Станки 2Е460А и 2Е470А с двумя шпиндельными головками (вертикальной и горизонтальной) и люнетом. 5. Цена деления от счётных устройств перемещения стола для всех станков 0,001 мм.

Таблица С.8 – Технические характеристики горизонтально-расточных станков

Параметры	2М615	2620ВФ1 2620ГФ1	2636Ф1	2637ГФ1	2622ВФ1	2А620Ф1-1; 2А620Ф2-1	2А622Ф1-1; 2А622Ф2-1	2636ГФ2; 2637ГФ2	2650Ф1; 2650Ф2	2Е656Р	2651Ф1; 2651Ф2	2П660Ф1	2459
Тип компоновки станка	А	А	А	А	А	А	А	А	В	Б	В	В	—
Диаметр выдвижного шпинделя	80	90	125	160	110	90	110	160	160	160	200	220	100
Конус для крепления инструментов	Мрз 5	Мрз 5	Мтр80	Мтр80	Мрз 6	—	—	Мтр 80	Мтр80	Мтр80	—	Мтр120	Спец10°
Размеры встроенного поворотного стола	900×1000	1120×1250	1600×1800	1600×1800	1120×1250	1120×1250	1120×1250	1600×1800	2240×2500	2000×2500	2240×2500	5000×8100	1250×10000
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	1500	3000	8000	8000	3000	4000	4000	8000	16000	15000	16000	50000	15000
Наибольшее перемещение:													
вертикальное шпиндельной бабки	800	1000	1400	1400	1000	1000	1000	1400	2500	2000	2500	3000	800
продольное выдвижного шпинделя	500	710	1000	1000	710	710	710	1000	1250	1250	1250	1800	630
радиального суппорта	125	160	200	—	—	160	—	—	250	200	—	550	—
планшайбы стола:													
продольное	1000	1120	1600	1120	1120	1000	1000	1120	1250	1000	1250	—	1000
поперечное	1000	1000	1800	1800	1000	1250	1250	1600	—	—	—	—	—
поперечное передней стойки	—	—	—	—	—	—	—	—	4000	3200	4000	6000	630
Число скоростей:													
шпинделя	20	22	б/с	б/с	21	23	22	23	24	22	24	б/с	22
планшайбы	15	15	б/с	—	—	15	—	—	19	15	—	б/с	—
Частота вращения, об/мин:													
шпинделя	20-1600	12,5-1600	6,3-1000	5-800	12,5-1250	10-1600	10-1250	5-1000	4-800	7,5-900	4-800	1-510	12,5-1600
планшайбы	8-200	8-200	4-200	—	—	6,3-160	—	—	2,5-160	7,5-190	—	1-135	—

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.8

Подача, мм/мин:													
шпинделя	2,5-2000	2,2-1760	1,6-1600	1,6-1600	2,2-1760	2-2000	2-2000	1,6-1600	1,25-1250	2-150	1,25-1250	1-2500	2-2000
шпиндельной бабки	1,6-1280	1,4-1100	1-1000	1-1000	1,4-1110	1,25-1250	1,25-1250	1-1000	0,8-800	1-750	0,8-800	1,25-2500	2-2000
стола (продольное, поперечное)	1,6-1280	1,4-1110	1-1000	1-1000	1,4-1110	1,25-1250	1,25-1,250	1-1000	0,8-800	1-750	0,8-800	—	2-2000
радиального суппорта планшайбы	1-800	0,88-700	0,63-630	—	—	0,8-800	—	—	0,8-800	1-750	—	0,2-400	—
Дискретность задания размеров	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001
Мощность электропривода главного движения, кВт	4,5; 6,7	8,3; 0,2	19	19	8,3; 0,2	11	11	19	37	18,5	37	55	6,3
Габаритные размеры													
длина	4330	5700	8160	6960	5700	6070	6070	6960	11600	11500	11600	11350	3640
ширина	2590	3650	5070	5070	3650	3970	3950	5070	11650	8100	11650	11280	3515
высота	2585	3100	4805	4805	3100	3200	3200	4805	6700	5300	6700	7800	2895
Масса, кг	8500	12900	35700	32000	12600	17500	17000	32000	76400	48600	76400	141600	16000

Станки типа компоновки А – с неподвижной передней стойкой и поворотным столом, имеющим продольное и поперечное перемещения; типа компоновки Б – с поперечно-подвижной передней стойкой и продольно перемещающимся столом; типа компоновки В – с поперечно-подвижной передней стойкой, неподвижной плитой и с дополнительными продольными перемещениями передней стойки или шпиндельной бабки, или пиноли (возможно также сочетание перемещений этих узлов)

Таблица С.9 – Технические характеристики вертикально-отделочно-расточных станков

Параметры	2776В	2777В	2Е78П	2Е78ПН	2Е78Л
Диаметр растачиваемых отверстий	8-350	8-350	28-200	28-200	28-200
Ømax сверления в сплошном материале	—	—	15	15	15
Размеры рабочей поверхности стола	630×1250	800×1400	500×1000	500×1250	500×1250
Наибольшее перемещение:					
шпиндельной бабки	—	—	500	500	500
стола:					
продольное	400	630	800	—	—
поперечное	400	630	200	—	—
Расстояние от оси шпинделя до салазок бабки	—	—	320	320	320
Наибольшие габариты обрабатываемой заготовки	—	—	100×500×450	750×500×450	750×500×450
Число сменных шпинделей	—	—	5	4	4

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.9

Радиальное перемещение резца для шпинделя Ø 48;78;120	—	—	4; 6; 6	4; 6; 6	4; 6; 6
Число скоростей шпинделя	—	—	12	12	12
Частота вращения шпинделя, об/мин	4000;2500;2000;1000	4000;2500;2000;1000	26-1200	26-1200	26-1200
Число рабочих подач шпиндельной бабки	—	—	4	4	4
Рабочая подача шпиндельной бабки, мм/мин	6-500	4-300; 6-500	0,025-0,2	0,025-0,2	0,025-0,2
V быстрого перемещения шпиндельной бабки, мм/мин	—	—	2	2	2
Мощность привода главного движения, кВт	1,5-12**	1,5-12	2,2	2,2	2,2
Габаритные размеры					
длина	2000	2240	1750	1250	1250
ширина	1120	1400	1560	1260	1260
высота	3820	4070	2125	2125	1750
Масса, кг	9000	13000	2680	2100	1600

Примечание: станки 2776В и 2777В с подвижными головками; станки 2Е87П и 2Е78ПН с подвижным и неподвижным столами; станок 2Е78Л с неподвижным столом, облегченный.

Таблица С.10 – Технические характеристики фрезерно-сверлильно-расточных станков

Параметры	690ПМФ2	6904ВМФ2	6906ВМФ2	2204ВМФ4	ИР320ПМФ4	ИР500МФ4	ИР800МФ4	2А622МФ2	2623ПМФ4	2254ВМФ4
Размеры рабочей поверхности стола	320×250	500×400	800×630	500×400	320×320	500×500	800×800	1120×1250	1250×1120	630×400
Наибольшая масса заготовки, кг.	100	300	500	300	150	700	1500	4000	4000	250
Наибольшее перемещение:										
стола:										
продольное	320	500	630	500	—	500	800	1000	—	500
поперечное	320	500	630	500	400	800	1000	1250	1600	500
шпиндельной головки вертикальное	320	500	630	500	360	500	710	1000	1250	500
L от оси шпинделя до рабочей поверхности стола	15 (наим)	65-555	95-725	70-570	0-400	0-500	80-790	—	—	—

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.10

L от торца шпинделя до центра стола	170	230-730	165-795	240-740	35-435	120-620	180-980	110*	110*	90-590
Конус отв/ шпинделя (по ГОСТ 15945-82)	40	45	50	50	40	50	50	50	50	50
Инструментальный магазин, шт	30	30	30	30	36	30	30	50	50	30
Наибольший диаметр инструмента, загружаемого в магазин:										
без пропуска гнезд	63	—	100	80	125	125	110	150	135	80
с пропуском гнёзд	100	160	200	160	200	160	125	250	200	160
Число ступеней вращения шпинделя	18	19	18	19	б/с	89	89	—	25	б/с
Частота вращения шпинделя, об/мин	50-2500	32-2000	31,5-1600	32-2000	13-5000	21,2-3000	21,2-3000	4-1250	5-1250	32-2000
Число рабочих подач	22	31	31	31	б/с	б/с	б/с	б/с	б/с	б/с
Рабочие подачи (продольная, поперечная, вертикальная, мм/мин)	2,5-400	2,5-2500	2,5-2500	2,5-2500	1-3200	1-2000	1-2000	1,6-1250	2-1600	1-4000
Скорость быстрого перемещения (стола и шпиндельной бабки), мм/мин	3000	5000	5000	10000	10000	10000	10000	8000	8000	10000
Мощность привода главного движения, кВт	3	4,5	8	6,3	7,5	14	14	15	15	6,3
Габаритные размеры										
длина	2780	2790	3100	3085	3990	4450	6885	5520	8300	4300
ширина	2050	2060	2165	2000	2300	4655	3750	4885	6500	3500
высота	1860	2000	2165	2475	2507	3100	3445	3965	4500	3800
Масса, кг	2520	5082	7330	7000	8000	11370	12500	20000	27000	6500

Таблица С.11 – Технические характеристики многоцелевых станков с ЧПУ

Параметры	Фирма и модель										
	«Mori Seiki»	«Hitachi Seiki»	«Whali»	«Schar-mann»	«Huller Hille»		«Mikron»		«Dixi»	«Schaublin»	
	MH-50	HC500	53	Solon 1	nb-h90	nb-h twin	WF21D	WF51J	280CNC	32CNC	34CNC
Размеры рабочей зоны перемещения:											
по X	800	710	700	800	630	800	450	710	800	520	700

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.11

по Y	650	630	500	650	500	500	400	500	800	320	500
по Z	750	560	700	650	580	630	400	460	800	320	500
Размеры паллеты (или стола)	500x500	500x500	500x400	650x650	400x500	500x630	350x700	500x1000	630x630	–	–
Мощность главного привода, кВт	15	–	10	20	13	27	3,3/4	4,5/6	18,5	5	5
Частота вращения шпинделя, об/мин	6000	20-3600	7000	14-3500	25-6000	28-6000	40-4000	40-4000	10-3000	30-7000	30-7000
Рабочие минутные подачи по осям, мм	–	–	–	1-6000	1-10000	1-10000	2-3000	2-3000	–	0-5000	0–5000
Скорость быстрых перемещений, м/мин	–	–	15	12	22	15	6	6	10	10	10
Число инструментов в магазине	60-2000	40	24-192	40,60,80	99-203	2x20	40	40	–	32	32, 64
Время смены инструмента (от реза до реза)	–	–	7	–	8	10	–	–	–	8	8
Выполняемые переходы											

Параметры	Фирма и модель										
	«Saimp»	«Werner und Kolb»	«Novar»	«Heller»		«Ixion»	«Cintinati Milacron»	«Deckel»		«Mandelli»	«Maho»
	Mectra	TC630	KBF1000	BEA05	BEA2	30CNC W	TC-30	DC-30	DC-55	Mandelli 7	MC50S
Размеры рабочей зоны перемещения:											
по X	820	1000	2500	500	800	600	1000-1200	500	1000	1000	600
по Y	760	800	1000	400	630	350(400)	1000-1500	400	800	800	400
по Z	760	800	1400	560	630	600(700)	1000	500	800	850	500
Размеры паллеты (или стола)	630x630	630x800	3000-1000	400x400	500x630	–	–	400x500	630x800	630x630	500x400
Мощность главного привода, кВт	18/22	32	18	36	36	10,8	22,5	11,8	35	30	15
Частота вращения шпинделя, об/мин	20-4500	20-5000	10-2250	45-6000	45-4000	40-7000	20-4000	1-7000	1-6000	30-6000	20-8000
Рабочие минутные подачи по осям, мм	5-6000	0-10000	10-2000	0-10000	10-10000	–	1-4000	1-20000	10-18000	10-18000	1-6000
Скорость быстрых перемещений, м/мин	15	15	7,5	12	15	–	12	15	20	18	15
Число инструментов в магазине	50,100	50,60,72	40	40	40	12(24)	60-140	40-148	40-160	40-160	62,120
Время смены инструмента (от реза до реза)	13	11,5	–	6	8	9	15		–	–	–
Выполняемые переходы											

Витебский государственный технологический университет

348

Таблица С.12 – Технические характеристики внутришлифовальных станков

Параметры	3К225В, 3К225А	3К227В, 3К227А	3К228В, 3К228А	3К229В	СШ162	СШ64
Наибольший диаметр:						
устанавливаемой заготовки	200	400	560	800	—	—
устанавливаемой заготовки в кожухе	100	250	400	630	300	—
Наибольшая длина:						
устанавливаемой заготовки при Ømax от	50	125	200	320	—	300
шлифования	—	125	200	320	90	300
Диаметр шлифуемых отверстий	3-25	5-150	50-200	100-400	600-125	100-150
Наибольший ход стола	320	450	630	800	360	800
Наибольшее наладочное поперечное перемещение:						
шлифовальной бабки:						
вперед (от рабочего)		50	60	100	—	60
назад (на рабочего)	—	10	10	10	—	10
бабки заготовки:						
вперед (от рабочего)	100	120	200	100	20	—
назад (на рабочего)	20	30	50	10	90	—
Наибольший угол поворота бабки заготовки, °	45	45	30	30	3	—
Наибольший Ø и высота круга	25×25	80×50	180×63	200×63	от наладки	120×50
Скорость движения стола, м/мин:						
при правке шлифовального круга	0,1-2	0,1-2	0,1-2	0,1-2	0,5-2	0,1-2
при шлифовании	1-7	1-7	1-7	1-7	—	1-7
при быстром продольном подводе и отводе	10	10	10	10	8	10
Частота вращения шпинделя, об/мин:						
внутришлифовального	20000-100000	9000; 12000; 18000; 22000	4500; 6000; 9000; 12000	3500; 4500; 6000	12000; 16000; 20000	5000; 6000
бабки заготовки	280-2000	60-120	100-600	40-240	340; 460	70
торцешлифовального приспособления	11500	5600	4000	4000	—	—
Мощность привода шлифовального круга, кВт	0,	4	5,5	7,5	5,5; 7,5	7,5
Габаритные размеры (с приставным оборудованием):						
длина	2225	2815	4005	4630	3225	3900
ширина	1775	1900	2305	2405	2420	1990
высота	—	1750	1870	2000	1500	1800
Масса (с приставным оборудованием), кг	2800	4300	6900	8600	4800	6400

Примечания: 1. Для станка 3К227А диаметр шлифуемых отверстий 20-150 мм. 2. Станок СШ162 – специальный полуавтомат для скоростного шлифования; СШ64 – бесцентровый специальный. Станки 3К225А, 3К227А и 3К228А особо высокой точности.

Витебский государственный технологический университет

Таблица С.13 – Технические характеристики плоскошлифовальных станков с крестовым (прямоугольным) столом станков

Параметр	3Е710А	3Е710В-1	3Е711В	3Е711В-1	3Е711ВФ3-1	3Т721FA1-1	3Е721ВФ3-1	3П722	3Д722Ф2	3Д723	3Д725 3П725	3Д732Ф1	3П732	3Д733
Размеры рабочей поверхности стола	400×125	250×125	630×200	400×200	400×200	630×320	630×320	1600×320	1250×320	1600×400	2000×630	800×320	1250×320	1000×400
Размеры заготовок, не более	400×125×320	250×125×200	630×200×320	400×200×320	400×200×320	630×320×400	600×320×320	1600×320×400	1250×320×250	1600×400×400	2000×630×630	800×320×400	800×320×375	1000×400×400
Масса заготовок, кг, не более	150	50	220	150	150	300	300	1200	700	1000	1500	800	700	1100
Расстояние от оси шпинделя до зеркала стола, не более	420	300	445	445	445	550	550	—	—	625	880	—	—	—
Перемещение стола и шлифовальной бабки, не более:														
продольное	490	320	700	490	490	700	710	1900	1260	1900	—	1550	1550	1900
поперечное	170	160	250	255	250	395	390	—	410	410	660	—	—	—
вертикальное	—	200	320	—	320	—	400	—	415	415	645	400	400	400
Размеры шлифовального круга (наружный диметр×высота×внутренний Ø)	200×32×76	200×25×32	250×40×76	250×40×76	250×63×76	300×63×127	400×63×127	450×80×203	450×80×203	450×80×203	500×305×100	5С 100×40	5С 100×85	5С 100×85
Частота вращения шпинделя шлифовального круга, об/мин	35*	35*	35*	35*	35*	35*	35*	1500	1460	1450	1470	1500	1500	35*
Скорость продольного перемещения стола (б/с), м/мин	2-35	2-25	—	2-35	2-35	2-35	2-35	3-45	3-35	3-45	3-30	3-35	3-35	3-45
Мощность электропривода главного движения, кВт	4	1,5	4	4	7,5	7,5	7,5	15	15	17	30	22	22	22
Габаритные размеры с приставным оборудованием														
длина	2560	1310	2730	2380	3030	3404	3500	4780	4450	4600	6050	4020	3800	4400
ширина	1980	1150	1801	1955	2360	2073	3500	2130	2190	1170	2800	2130	2130	2215
высота	1790	1550	1915	1915	2080	2090	2090	2360	2360	2130	2860	2558	2360	2510
Масса, кг	2300	1000	3200	3380	3780	5000	6360	8900	8000	9000	15500	8350	7730	8500

* Максимальная скорость резания, м/с

Витебский государственный технологический университет

Таблица С.14 – Технические характеристики плоскошлифовальных станков с круглым столом

Параметр	3Д740В	3Д740А	3П741ИВ	3Д754	3Д741А	3П756Л	3П772-2
Диаметр устанавливаемой заготовки	40-400	30-400	50-800	20-400	50-800	40-1000	40-200
Высота обрабатываемой заготовки (при номинальном диаметре шлифовального круга)	160	160	200	200	200	350	250
Высота детали с Ømin, шлифуемого на столе	40	40	50	20	50	40	40
Масса обрабатываемой заготовки, кг, не более	100	100	200	250	200	200	—
Диаметр магнитного стола	400	400	800; 200;	400	800; 200	1000	1000
Наибольшее продольное перемещение стола	400	400	560	380	560	555	—
Продольная подача, мм/об	8-30	8-30	12-44	—	12-44	—	—
Перемещение шлифовальной бабки:							
наибольшее	235	235	315	—	315	—	—
на одно деление лимба	0,002	0,001	0,002	0,005	0,001	0,005	0,005
Частота вращения, об/мин:							
шлифовального круга	1670	1630	—	1500	1330	1000	980
стола	15-180	15-180	8-96	10-56	8-96	5-30	0,25-1,4
Мощность привода главного движения, кВт	11	7,5	18,5	15	11	30	30
Габаритные размеры (с приставным оборудованием):							
длина	2350	2350	3050	2030	4200	4840	5340
ширина	1970	2700	2550	1880	2580	2535	4400
высота	2300	2300	2570	2215	2570	2565	2660
Масса (с приставным оборудованием), кг	5800	5300	10340	5000	9700	10300	14800

Примечание: 1. Станок 3П772-2 – двухшпиндельный палуавтомат непрерывного действия. 2. Станки 3Д740А и 3Д741А особо высокой точности. 3. Станки 3Д754, 3П756Л и 3П772-2 с вертикальным шпинделем, остальные – с горизонтальным шпинделем.

Витебский государственный технологический университет

351

Таблица С.15 – Технические характеристики вертикально-фрезерных станков с крестовым столом

Параметры	6520ФЗ	6540	6550	6550ФЗ	6550РФЗ	6560	654ФЗ	6560МФЗ	6А56	6А59
Размеры рабочей поверхности стола (ширина х длина)	260х630	400х1000	500х1250	500х1000	500х1000	630х1600	630х1600	630х1600	800х2000	1000х2500
Набольшее перемещение стола										
продольное	500	800	1000	800	800	1250	1250	1250	1600	2000
поперечное	250	400	500	500	500	630	630	630	800	1000
шпиндельной бабки	350	430	530	530	530	625	625	775	800	900
гильзы шпинделя	—	120	120	—	—	125	—	—	150	150
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола	100-450	100-530	100-630	100-630	100-630	125-750	100-530	125-900	100-900	100-1000
Внутренний конус шпинделя (по ГОСТ 15945-82)	45	50	50	50	50	50	50	50	50	60
Число скоростей шпинделя	18	18	18	20	18	18	18	52	18	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5-1600	31,5-1600	31,5-1600	20-1600	40-2000	25-1250	25-1250	5,6-2000	25-1250	25-1250
Подача (бесступ. регулир.), мм/мин										
стола	5-1500	10-2000	10-2000	4,8-1200 ст	5-1200	10-2200	0,1-4800	0,1-4800	2,5-2200	2,5-2200
шпиндельной бабки	5-1500	4-800	4-800	4,8-1200 ст	5-1200	3-730	0,1-4800	0,1-4800	0,6-550	0,6-550
Скорость быстрого перемещения, мм/мин										
стола	5000	3000	3000	1200-4800	4800	3000	4800	9600	3600	3600
шпиндельной бабки	5000	800	800	1200-4800	4800	1000	4800	9600	750	750
Мощность привода главного движения, кВт	4	7,5	10	8	4,3	15	15	15	22	22
Габаритные размеры:										
длина	3050	2640	2720	5000	5000	4190	3278	3440	5300	6500
ширина	2150	2655	3205	3550	4380	3400	4526	3490	3900	4550
высота	2185	2795	2930	3180	3300	3120	3571	4120	4000	4700

Витебский государственный технологический университет

352

Окончание таблицы С.15

Масса, кг	3700	6500	7500	10490	10500	11500	11800	16500	19100	23600

Примечания:

1. На станках с ЧПУ моделей 6520ФЗ, 6550ФЗ, 6550РФЗ, 654ФЗ, 6560МФЗ дискретность задания размеров по координатам 0,01 мм.
2. Емкость инструментального магазина (револьверной головки) у станков 6560МФЗ и 6550РФЗ соответственно 24 и 6 инструментов.
3. Угол поворота шпиндельной бабки станка 6560 состовляет ±30º.

Таблица С.16 – Технические характеристики вертикально-фрезерных консольных станков

Параметры	6Т104	6Р10	6Р11	6Р11Ф3-1	6Р11МФ3-1	6Р12	6Р13	6Р13Ф3-01	6Р13РФ3
Размеры рабочей поверхности стола (ширина х длина)	160х630	—	250х1000	250х1000	250х1000	320х1250	400х1600	400х1600	400х1600
Набольшее перемещение стола									
продольное	400	500	630	630	630	800	1000	1000	1000
поперечное	160	160	200	300	300	280	300	400	400
вертикальное	320	300	350	350	350	420	420	380	380
Перемещение гильзы со шпинделем		60	60			70	80	150	
Наибольший угол поворота шпиндельной головки, º	+45	45	45			45	45		
Внутренний конус шпинделя (конусность 7:24)			50	50	50	50	50	50	50
Число скоростей шпинделя	12	12	16	16	Б /с	18	18	18	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	63-2800	50-2240	50-1600	80-2500	63-2500	31,5-1600	31,5-1600	40-2000	40-2000
Число подач стола	12	12	16	Б/с	Б/с	18	18	Б/с	Б/с
Подача стола, мм/мин									
продольная и поперечная	11,2-500	25-1120	35-1020	0,1-4800	0,1-4800	25-1250	25-1250	10-1200	10-1200
Вертикальная		12,5-560	14-390	0,1-4800	0,1-4800	8,3-416,6	8,3-416,6	10-200	10-1200
Скорость быстрого перемещения стола,мм/мин									
Продольного и поперечного	3800	2300	2900	4800	4800	3000	3000	2400	2400
вертикального		1120	1150	4800	4800	1000	1000	2400	2400
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	2,2	3	5,5	5,5	8	7,5	11	7,5	7,5

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.16

Габаритные размеры:									
длина	1250	1445	1480	4000*	2750	2305	2560	3620	3425
ширина	1205	1875	1990	2000	2230	1950	2260	4150	3200
высота	1630	1750	2360	2220	2450	2020	2020	2760	2520
Масса, кг	830	1300	2360	2760	2650	3120	4200	5650	6750

*С приставным оборудованием.

Примечания:

1. На станках с ЧПУ моделей 6Р11Ф3-1, 6Р11МФ3-1, 6Р13Ф3-01, 6Р13Ф3 дискретность задания размеров по координатам 0,01 мм. На станке 6Р11МФ3-1 емкость инструментального магазина – восемь инструментов, на станке 6Р13Ф3 емкость револьверной головки – шесть инструментов.
2. Б/с – бесступенчатое регулирование.

Таблица С.17 – Технические характеристики широкоуниверсальных (инструментальных) станков

Параметры	6712В; 6712П	6Б75В; 6Б75ВФ1	676П	6Б76ПФ2
Размеры рабочей поверхности основного вертикального стола	125×320	200×500	250×630	250×630
Наибольшие перемещения:				
вертикального стола:				
продольное	200	320	400	400
вертикальное	250	320	380	400
шпиндельной бабки	125	200	250	250
гильзы вертикальной головки	40	60	60	—
Наибольший угол поворота вертикальной головки, °	± 90	± 90	± 90	—
Расстояние до рабочей поверхности горизонтального стола:				
от оси горизонтального шпинделя	30-312	80-450	80-460	115-565
от торца вертикального шпинделя	0-282	90-460	0-380	95-545
Частота вращения шпинделей, об/мин:				
горизонтального	63-3150	40-2240	50-1630	40-2000
вертикального	63-3150	40-2240	63-2040	40-2000
Продольная, поперечная и вертикальная подача с б/с, мм/мин	6,3-250	10-600	13-195 (ступенчатое)	2,5-1600
V быстрого перемещ стола и шпиндельной бабки, мм/мин	1250	1200	935	3000

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.17

Размеры рабочего поворотного углового универсального стола	125×400	200×500	200×630	250×800
Диаметр рабочей поверхности круглого стола	160	250	250	—
Высота центров делительной головки	70	107	107	—
Частота вращения быстроходной головки, мм/об	157,5-7875	104-5000	156-5300	—
Наибольшее перемещение резца подрезной головки	30	30	—	—
Подача резца подрезной головки мм/об	0,1	0,1	—	—
Наибольший ход долбежной головки	40	80	80	—
Число двойных ходов в минуту долбежной головки	50-100	40-100	50-100	—
Наибольшая длина нарезаемой спирали спирально-фрезерным приспособлением	150	320	—	—
Мощность электропривода главного движения, кВт	0,75	1,5	2,2	2,2
Габаритные размеры:				
длина	2260	3700	1285	3600
ширина	2000	1975	1215	2150
высота	1320	1695	1780	2020
Масса, кг	560	1452	910	1850

Таблица С.18 – Технические характеристики горизонтально-фрезерных универсальных и широкоуниверсальных консольных станков

Параметры	6Т804Г	6Р80	6Р80Ш	6Р81	6Р81Ш	6Р82Г	6Р82Ш	6Р83	6Р83Ш
Размеры рабочей поверхности стола	—	200х800	200х800	250х1000	250х1000	320х1250	320х1250	400х1600	400х1600
Набольшее перемещение стола									
продольное	400	500	500	630	630	800	800	1000	1000
поперечное	160	160	160	200	200	250	250	320	320
вертикальное	320	300	300	320	350	420	420	350	420
Расстояние									
От оси горизонтального шпинделя до поверхности стола	30-350	20-320	50-350	50-370	50-400	30-450	30-450	30-380	30-450
От оси вертикального шпинделя до направляющих станины	—	—	205(наим.)	—	250-845	—	260-820	—	250-900

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы С.18

От торца вертикального шпинделя до поверхности стола	—	—	50-350	—	160-510	—	35-535	—	70-570
Наибольшее перемещение гильзы вертикального шпинделя	—	—	60	—	80	—	80	—	80
Наибольший угол поворота стола, °	—	±45	—	±45	—	—	—	±45	—
Угол поворота вертикальной фрезерной головки, °, в плоскости параллельной:									
продольному ходу стола	—	—	±90	—	360	—	360	—	360
поперечному ходу стола:									
от станины		—	45	—	90	—	90	—	90
к станине	—	—	30	—	45	—	45	—	45
Внутренний конус шпинделя по ГОСТ 15945-82:									
горизонтального	—	40	40	45	45	50	50	50	50
вертикального	—	—	Морзе 4	—	Морзе 4	—	40	—	40
Число скоростей шпинделя:									
горизонтального	12	12	12	16	16	18	18	18	18
вертикального	—	—	12	—	12	—	11	—	11
Частота вращения шпинделя, об/мин									
горизонтального	63-2800	50-2240	50-2240	50-1600	50-1600	31,5-1600	31,5-1600	31,5-1600	31,5-1600
вертикального	—	—	56-2500	—	45-2000	—	50-1600	—	50-1600
Число рабочих подач стола	12	12	12	16	16	18	18	18	18
Подача стола, мм/мин									
продольная	11,2-500	25-1120	25-1120	35-1020	35-1020	25-1250	25-1250	25-1250	25-1250
поперечная	ручная	25-1120	25-1120	28-790	28-790	25-1250	25-1250	25-1250	25-1250
вертикальная	ручная	12,5-560	12,5-560	14-390	14-390	8,3-416,6	8,3-416,6	8,3-416,6	8,3-416,6
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин									
продольного	3800	2300	2300	2900	2900	3000	3000	3000	3000
поперечного	—	2300	2300	2300	2300	3000	3000	3000	3000
вертикального	—	1120	1120	1150	1150	1000	1000	1000	1000
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	2,2	3	3	5,5	5,5	7,5	7,5	11	11
Габаритные размеры:									
длина	1315	1525	1525	1480	1480	2305	2470	2560	2680
ширина	1205	1875	1875	1990	2045	1950	1950	2260	2260

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.18

высота	1350	1515	1765	1630	1890	1680	1950	1770	2040
Масса, кг	800	1290	1340	2280	2530	2900	3300	3800	4050

Примечание: станки 6Р80Ш, 6Р81Ш, 6Р82Ш, 6Р83Ш широкоуниверсальные класса точности П.

Таблица С.19 – Технические характеристики продольно-фрезерных одностоечных и двустоечных станков

Параметры	6305Ф4	6У312*	6У316*	6605	6606	6Г608	6М610Ф3	6Г610	6У612*	6620*	6625
Размеры рабочей поверхности стола	500×1250	1250×4000	1600×5000	500×1600	630×2000	630×2500	1000×1600	1000×3150	1250×4000	2000×6300	2500×8000
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	1000	18000	25000	1500	2500	4500	5000	6000	18000	50000	65000
Расстояние до поверхности стола:											
от оси горизонтального шпинделя	0-500	0-1050	0-1050	25-600	25-560	25-700	—	25-900	0-1050	0-1765	0-1765
от торца вертикального шпинделя	—	260-1330	260-1330	—	25-760	25-930	90-990	25-1130	260-1330	175-2180	175-2180
Расстояние между торцами горизонтальных шпинделей	—	—	—	340-740	470-870	550-1050	—	750-1250	860-1490	1550-2250	2115-2815
Число шпиндельных бабок:											
горизонтальных	1	1	1	2	2	2	—	2	2	2	2
вертикальных	—	1	1	—	1	1	1	2	2	2	2
Наибольшие перемещения:											
стола продольное	1250	4500	5500	1600	2000	2500	1900	3200	4500	6800	8500
гильз шпинделей (или бабки)	365	315	315	200	200	250	1900	250	315	350	350
Число скоростей шпинделя	21	18	18	21	21	20	б/с	20	18	18	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	16-1600	25-1250	25-1250	16-1600	16-1600	16-1250	10-1600	16-1250	25-1250	20-1000	20-1000
Подача, мм/мин:											
стола	10-2500	5-2000	5-2000	10-3000	10-3000	10-2500	3-3000	10-2500	5-2000	5-2000	5-2000
шпиндельной бабки	10-2500	10-2000	10-2000	10-1000	10-1000	10-1000	3-3000	10-1000	10-2000	10-2000	10-2000
Подача гильз шпинделей, мм/мин	10-2500	5-1000	5-1000	—	—	—	—	—	5-1000	5-1000	5-1000
Мощность электропривода главного движения, кВт	7,8	22×2	22×2	11×2	11×3	15×3	30	18,5×4	22×4	30×4	30×4

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.19

Габаритные размеры											
длина	5300	11070	13170	5400	6200	7435	8650	8700	11070	18970	22460
ширина	4050	4360	4535	3550	3750	4100	8750	5000	5630	8270	8830
высота	3175	5500	5500	2300	3600	3800	5400	4050	5200	6700	6700
Масса, кг	14000	52700	57700	13600	21500	27500	35800	35000	69500	121900	130000

* Наибольший угол поворота вертикальных фрезерных бабок ± 45°

Примечания: 1. Станки 6305Ф4, 6У612 и 6У316 одностоячные, остальные – двухстоячные. 2. На станках с ЧПУ моделей 6305Ф4, 6М610Ф3 дискретность задания размеров по координатам 0,01 мм.

Таблица С.20 – Технические характеристики одностоечных и двустоечных продольно-строгальных и строгально-фрезерных станков

Параметры	7110	7112	7116	7210-6	7210	7212	7212г	7216	7216г	7Б220-6	7228
Наибольшая размеры обрабатываемой заготовки											
При строгании	900x1000	1120x1250	1400x1600	900x1000	900x1000	1120x1250	1120x1250	1400x1600	1400x1600	1800x2000	2240x3150
При фрезеровании	—	—	—	—	—	—	1070x1150	—	1350x1600	—	—
Размеры рабочей поверхности стола	900x3000	1120x4000	1400x6000	900x6000	900x3000	1120x4000	1070x1150	—	1350x1600	—	—
Наибольшее расстояние между поверхностью стола и поперечиной	1000	1220	1500	1000	1000	1220	1220	1500	1420	1930	2360
Расстояние между стойками	—	—	—	1100	1100	1350	1350	1800	1800	2150	3350
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг:											
На 1 м длины стола	1500	2000	2000	1500	1500	2000	2000	2000	2000	—	—
общая	4500	8000	12000	9000	4500	8000	8000	12000	12000	25000	70000
Наибольшее перемещение:											
стола	3200	4200	6200	6200	3200	4200	4200	6200	6200	6300	8150
ползунов суппорта	300	300	300	300	300	300	300	300	300	600	600
Скорость хода стола (бесступенчатое регулирование),м/мин:											
рабочего	4-90	4-80	4-80	3,2-80	4-90	4-80	4-80	4-80	4-80	1,75-85	1,2-60
обратного	12-90	12-80	12-80	3,2-80	12-90	12-80	4-80	12-80	4-80	1,7-85	1,2-60
Подача стола при фрезеровании, мм/мин	—	—	—	—	—	—	50-3550	—	50-3200	—	—

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.20

Подача суппортов поперечины,мм/дв. ход											
горизонтальная	0,5-25	0,5-25	0,5-25	0,5-25	0,5-25	0,5-25	0,5-25	0,5-25	0,5-25	0,1-25	0,1-25
вертикальная	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,2-50	0,2-50
Подача боковых суппортов(горизонтальная и вертикальная),мм/дв. ход	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,25-12,5	0,2-50	0,2-50
Наибольшая тяговая сила на рейке стола кН	70	120	140	50	70	120	120	140	140	150	190
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	75	100	100	75	75	100	100; 7,2*	100	100; 7,2*	125	125
Габаритные размеры:											
длина	7950	9950	14000	13600	7950	9950	9950	14000	14000	17300	20900
ширина	3700	4200	4500	4000	4170	4500	5000	4800	5450	7100	8250
высота	3550	4100	4750	3450	3450	3800	4050	4350	4350	5800	6200
Масса, кг	27500	35000	50000	30500	27500	35000	38000	48000	51000	98200	124700

Примечание: станки 7110, 7112, 7116 одностоечные, остальные двустоечные; станки 7212Г и 7216 Г строгально-фрезерные (комбинированные).

Таблица С.21 – Технические характеристики поперечно-строгальных станков

Параметры	7А311	7Е35	7м36	7д36	7Д36	7307	7307Д	7Д37Ц	7310Д
Длина хода ползуна	10-200	500(наиб)	150-700	150-700	150-700	20-720	150-710	150-1000	150-1000
Наибольшее расстояние от опорной поверхности резца до станины (вылет)	280	670	840	820	840	880	825	1120	1120
Расстояние между поверхностью стола и ползуном	200(наиб.)	400	400	400	400	480	450	500	500
Размер рабочей поверхности стола	200х200	360х500	450х700	450х710	450х700	450х710	450х710	560х1000	560х1000
Наибольшее перемещение :									
стола:									
горизонтальное	250	530	700	700	700 (по программе 650)	710	710	800 (по программе 740)	800

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.21

вертикальное	150	310	320	320	320	390	345	420	420
суппорта (вертикальное)	70	170	200	200	200 (170)	170	200	200	200
Наибольшее сечение резца (ширина х высота)	20х12	32х20	40х25	40х25	40х25	40х25	40х25	40х25	40х25
Скорость ползуна, дв. ход/мин	53; 71;106; 212;	13,2-150	—	—	—	110,6-118	—	—	—
Подача, мм/дв. ход:									
стола	0,1-1,2	0,2-4,0	0,25-5	0,2-5	0,2-5	0,2-4	0,2-5	0,2-5	0,2-5
суппорта	0,05-0,6 (стол верт)	0,16-1 (по заказу)	0,15-1,05	0,15-1,05	0,15-1,05	0,16-1 (по заказу)	0,15-1,05	0,15-1,05	0,15-1,05
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	0,8-1,5	5,5	7,5	7,5	7,5	5,5	7,5	10	11
Габаритные размеры:									
длина	1380	2350	2785	2850	2850	2980	2850	3700	3700
ширина	800	1330	1750	1680	1690	1400	1645	2065	1835
высота	1395	1550	1780	1840	1840	1665	1890	1980	1920
Масса, кг	650	2000	3300	3400	3700	2800	3400	4700	4400

Примечание: **с**танки 7А311 и 7Е35 с механическим приводом, остальные с гидравлическим приводом; станки 7Д36Ц и 7Д37Ц с цикловым программным управлением; наибольший угол поворота суппорта для всех станков ±60°; для всех станков, кроме 7А311, 7Е35,7307 скорость ползуна 3 — 48 м/мин.

Таблица С.22 – Технические характеристики долбежных станков

Параметры	7А412	7Д430	7Д450	7410	7414
Длина хода долбяка	10-100	120-320	120-500	1020 (наиб.)	1600 (наиб.)
Расстояние от наружной плоскости резцедержателя до стойки (вылет)	320	615	710	1150	1400
Расстояние от плоскости стола до нижнего конца направляющих долбяка	200	500	700	1200	800-1600
Диаметр рабочей поверхности стола	360	—	—	1250	1600

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.22

Наибольшее перемещение стола:					
продольное	350	650	800	1400	1800
поперечное	280	510	650	1000	1250
Угол наклона долбежной головки,°	±5	±10	±10	±10	±10
Наибольшее сечение резца	16x24	20x32	25x40	40x63	40x63
Число двойных ходов долбяка в минуту	52; 67;101; 210	—	—	—	—
Скорость долбяка на рабочем ходу, м/мин	—	3-38	3-38	2-30	2-30
Подача стола за один двойной ход долбяка:					
продольная	0,1-1	0,2-2,5	0,2-2,5	0,2-10	0,2-10
поперечная	0,1-1	0,1-2,5	0,1-2,5	0,2-10	0,2-10
круговая	0,067-0,67	0,1-1,4	0,1-1,4	0,2-10	0,2-10
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	0,8-1,5	10	10	55	50
Габаритные размеры:					
длина	1950	3030	3540	6070	7000
ширина	980	2175	2890	4335	5100
высота	1825	3010	3465	5300	6500
Масса, кг	1200	5700	8200	30000	34500

Примечание: 1. Станки 7Д430 и 7Д450 с гидравлическим приводом, остальные – с электроприводом. При этом станки 7410 и 7414 имеют привод от регулируемых электродвигателей постоянного тока. 2. Для всех станков угол поворота стола 360°.

Таблица С.23 – Типичные переходы, характерные для различных типов станков

Станки	**Коды и обозначения переходов**
токарно-карусельные	001 ОБТПр; 002 ОБТПо; 003 РСТПр; 004 РСТПо; 005 ПОДТ; 006 ОБПрг; 007 РАПрг;
токарно-винторезные и токарные	001 ОБТПр; 002 ОБТПо; 003 РСТПр; 004 РСТПо; 005 ПОДТ; 006 ОБПрг; 007 РАПрг; 008 НАРФЛ; 009 ОТР; 013 СВР; 014 РСВР; 015 ЗНКР; 016 РЗВР; 054 ДВДКрНр; 055 ДВДКрВн; 061 ВГЛКрНр; 062 ВГЛКрВн; 064 ОБККрШр; 065 ОБККрРл; 066 РСККрШр; 067 РСККрРл; 068 НРЕЗБРНр; 069 НРЕЗБРВн; 072 НРЕЗБМтч
радиально-сверлильные, вертикально-сверлильные	013 СВР; 014 РСВР; 015 ЗНКР; 016 РЗВР; 017 ЦЕКВ; 018 ЗЕНК; 019 ГСВР; 020 ЦЕНТР; 072 НРЕЗБМтч
координатно-расточные	010 РСТПрр; 011 РСТПрб; 012 РСТПА

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы С.23

координатно-шлифовальные	043 ШЛКрВнВ; 044 ШЛКрВнП; 048 ШЛПлнКрд
горизонтально-расточные	004 РСТПо; 005 ПОД; 007 РАПрг; 010 РСТПрр; 011 РСТПрб; 012 РСТПА; 013 СВР; 014 РСВР; 015 ЗНКР; 016 РЗВР; 020 ЦЕНТР; 072 НРЕЗБМтч
Вертикально-отделочно-расточные	010 РСТПрр; 011 РСТПрб; 012 РСТПА
фрезерно-сверлильно-расточные, многоцелевые станки с ЧПУ зарубежных фирм	004 РСТПо; 005 ПОД; 007 РАПрг; 010 РСТПрр; 011 РСТПрб; 012 РСТПА; 013 СВР; 014 РСВР; 015 ЗНКР; 016 РЗВР; 017 ЦЕКВ; 018 ЗЕНК; 019 ГСВР; 020 ЦЕНТР; 021 ФРЗПлТ; 022 ФРЗПзК; 025 ФРЗОк; 026 ФРЗКр; 027 ФРЗСп; 072 НРЕЗБМтч
внутришлифовальные	043 ШЛКрВнВ; 044 ШЛКрВнП; 048 ШЛПлнКрд
плоскошлифовальные	045 ШЛПлПрП; 046 ШЛПлПрТ; 047 ШЛПлВ; 050 ШЛПлГлб
вертикально-фрезерные	021 ФРЗПлТ; 022 ФРЗПзК; 023 ФРЗПзД; 024 ФРЗФ; 025 ФРЗОк; 026 ФРЗКр; 027 ФРЗСп; 083 ЗФРЗМК;
широко универсальные фрезерные	021 ФРЗПлТ; 022 ФРЗПзК; 025 ФРЗОк; 026 ФРЗКр; 027 ФРЗСп; 082 ЗФРЗМД; 083 ЗФРЗМК; 101 ФРЗШлД
горизонтально-фрезерные	021 ФРЗПлТ; 022 ФРЗПзК; 025 ФРЗОк; 026 ФРЗКр; 027 ФРЗСп; 082 ЗФРЗМД; 101 ФРЗШлД
продольно-фрезерные одностоечные и двустоечные	021 ФРЗПлТ; 022 ФРЗПзК; 027 ФРЗСп
продольно-строгальные одностоечные и двустоечные	028 СТРПр; 029 СТРПо;
строгально-фрезерные одностоечные и двустоечные	021 ФРЗПлТ; 022 ФРЗПзК; 027 ФРЗСп; 028 СТРПр; 029 СТРПо;
поперечно-строгальные	028 СТРПр; 029 СТРПо;
долбежные	030 ДЛБВр; 031 ДЛБОк

Витебский государственный технологический университет

362

Специальные и специализированные станки обозначают буквенным индексом (из одной или двух букв), присвоенным каждому заводу, с номером модели станка. Например, мод. МШ-245 – рейкошлифовальный полуавтомат повышенной точности Московского завода шлифовальных станков.

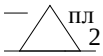
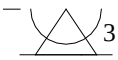
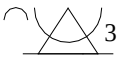
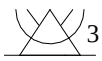
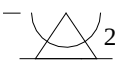
Станки производства стран дальнего зарубежья имеют отличные обозначения и названия.

В таблице С.2 приведены компоновки и движения некоторых типов станков.

ВиТебский государственный технологический университет

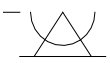
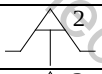
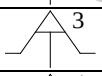
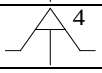
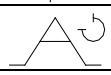
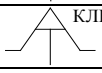
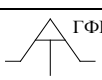
Приложение Т
Вспомогательные таблицы синтеза схем установки

Таблица Т.1 – Таблица соответствия установочных элементов технологической базе

Тип	Наименование	Код	Обозначение на схеме установки		
			сбоку	сверху	снизу
1	2	3	4	5	6
Установочная	Плоская поверхность корпуса приспособлений	Тр 1.1.			
	Две опорные пластины	Тр 1.2.			
	Опоры точечные неподвижные с плоской поверхностью	Тр 1.3.			
	Опоры точечные неподвижные со сферической поверхностью	Тр 1.4.			
	Опоры точечные неподвижные с рифленой поверхностью	Тр 1.5.			
	Опоры, плавающие с плоской поверхностью	Тр 1.6.			
	Опоры, плавающие со сферической поверхностью	Тр 1.7.			
	Опоры, плавающие с рифленой поверхностью	Тр 1.8.			
	Опорное кольцо	Тр 1.9.			
	Пластина и точечная опора	Тр 1.10.			
	Магнитная плита	Тр 1.11.			
Направляющая	Плоская поверхность корпуса приспособлений	Тр 2.1.			
	Пластина опорная	Тр 2.2.			
	Опоры точечные неподвижные с плоской поверхностью	Тр 2.3.			
	Опоры точечные неподвижные со сферической поверхностью	Тр 2.4.			
	Опоры точечные неподвижные с рифленой поверхностью	Тр 2.5.			
	Опоры, плавающие с плоской поверхностью	Тр 2.6.			
	Опоры, плавающие со сферической поверхностью	Тр 2.7.			
	Опоры, плавающие с рифленой поверхностью	Тр 2.8.			

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6
	Два цилиндрических пальца	Тр 2.9.			
	Зажим самоцентрирующийся	Тр 2.10.			
Опорная	Опора точечная неподвижная с плоской поверхностью	Тр 3.1.			
	Опора точечная неподвижная со сферической поверхностью	Тр 3.2.			
	Опора точечная неподвижная с рифленой поверхностью	Тр 3.3.			
	Опора плавающая с плоской поверхностью	Тр 3.4.			
	Опора плавающая со сферической поверхностью	Тр 3.5.			
	Опора плавающая с рифленой поверхностью	Тр 3.6.			
	Палец ромбический	Тр 3.7.			
	Палец цилиндрический	Тр 3.8.			
	Зажим самоцентрирующийся	Тр 3.9.			
	Опора призматическая подводимая	Тр 3.10.			
Двойная опорная	Призма	Тр 4.1.			
	Палец цилиндрический	Тр 4.2.			
	Палец конический плавающий	Тр 4.3.			
	Втулка	Тр 4.4.			
	Полувтулка	Тр 4.5.			
	Двухкулачковый патрон	Тр 4.6.			
	Трехкулачковый патрон	Тр 4.7.			
	Четырехкулачковый патрон	Тр 4.8.			
	Втулка разрезная	Тр 4.9.			
	Оправка цанговая	Тр 4.10.			
	Оправка кулачковая	Тр 4.11.			
	Оправка клиновая	Тр 4.12.			
	Оправка клиноплунжерная	Тр 4.13.			
	Оправка с гофрированными элементами	Тр 4.14.			

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Т.1

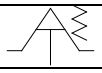
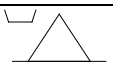
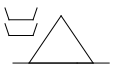
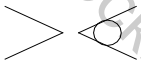
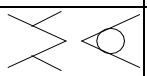
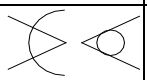
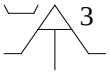
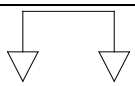
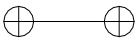
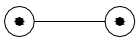
1	2	3	4	5	6
	Оправка с тарельчатыми пружинами	Тр 4.15.			
	Оправка с витой пружиной	Тр 4.16.			
	Оправка шлицевая	Тр 4.17.			
Двойная направляющая	Длинная призма	Тр 5.1.			
	Оправка цилиндрическая	Тр 5.2.			
	Оправка коническая	Тр 5.3.			
	Оправка цанговая	Тр 5.4.			
	Втулка	Тр 5.5			
	Оправка клиновая	Тр 5.6			
	Оправка клиноплунжерная	Тр 5.7.			
	Оправка с гофрированными элементами	Тр 5.8.			
	Оправка с тарельчатыми пружинами	Тр 5.9.			
	Двойная призма	Тр 5.10.			
	Оправка с витой пружиной	Тр 5.11.			
	Оправка шлицевая	Тр 5.12.			
	Оправка резьбовая	Тр 5.13.			
	Центра: неподвижный и вращающийся	Тр 5.14.			
	Центра: рифленый и вращающийся	Тр 5.15.			
	Центра: плавающий и вращающийся	Тр 5.16.			
	Трехкулачковый патрон и вращающийся центр	Тр 5.17.			
Тройная опорная	Трехкулачковый патрон с призматическими губками	Тр 6.1.			
	Центр неподвижный	Тр 6.2.			

Таблица Т.2 – Прочие обозначения

Витебский государственный технологический университет

№	Наименование	Обозначение на схеме установки		
		сбоку	сверху	снизу
1	Опора подвижная			
2	Опора регулируемая			
3	Люнет подвижный			
4	Люнет неподвижный			
5	Патрон поводковый			
6	Зажим одиночный			
7	Зажим двойной			

Витебский государственный технологический университет

Таблица Т.3 – Таблица сокращения вариантов технических решений

База	Код	Условия отбора																		
		Тип производства					Габариты и масса обрабатываемой детали				Показатели качества базы			Базирование		Характер базы		Обработка		
		е	мс	с	кс	м	м	с	к	ок	Ra =50 IT 16-14	Ra =6.3 3.2 IT 13-8	Ra =1.25 0.8 IT 6-7	По *наруж.* пов.	По внутр. пов	Явная	Скрытая (пл. симметр)	Отделка	Чистовая	Предварит.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Установочная	***Тр 1.1.***	x	x	x			x	x					x	x		x		x	x	x
	Тр 1.2.	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x	x	x
	Тр 1.3.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x			x	x
	Тр 1.4.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x		x		
	Тр 1.5.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x				x
	Тр 1.6.	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x			x	x
	Тр 1.7.	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x		x		
	Тр 1.8.	x	x	x	x	x			x	x	x			x		x				x
	Тр 1.9.	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x	x	
	Тр 1.10.	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x	x	
	Тр 1.11.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	
Направляющая	***Тр 2.1.***	x	x	x			x	x					x	x		x		x	x	x
	Тр 2.2.	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x	x	x
	Тр 2.3.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x
	Тр 2.4.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		
	Тр 2.5.	x	x	x	x	x		x	x	x				x		x	x			x
	Тр 2.6.	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x			x	x
	Тр 2.7.	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x		x		
	Тр 2.8.	x	x	x	x	x			x	x	x			x		x				x
	Тр 2.9.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	
	Тр 2.10.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Опорная	***Тр 3.1.***	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x		x	x		x	x
	Тр 3.2.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x	x	x		
	Тр 3.3.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x	x			x
	Тр 3.4.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x			x	x
	Тр 3.5.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x		x		
	Тр 3.6.	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x				x
	Тр 3.7.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x		x	x	
	Тр 3.8.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x
	Тр 3.9.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
	Тр 3.10.	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x	x	x

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Т.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Двойная опорная	***Тр 4.1.***	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x	x	x
	Тр 4.2.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.3.	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.4.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x	x	x	x
	Тр 4.5.	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x	x	x	x
	Тр 4.6.			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
	Тр 4.7.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
	Тр 4.8.	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
	Тр 4.9.	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x			x	x	x	x
	Тр 4.10.			x	x	x	x	x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.11.			x	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.12.			x	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.13.			x	x	x		x	x		x	x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.14.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.15.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.16.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.17.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 4.18.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
Двойная направляющая	***Тр 5.1.***				x	x		x	x	x	x		x	x			x	x	x	x
	Тр 5.2.			x	x	x		x	x	x		x	x		x		x	x	x	x
	Тр 5.3.	x	x	x			x	x	x			x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.4.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 5.5.				x	x		x	x			x	x	x			x	x		
	Тр 5.6.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.7.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.8.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.9.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.10.			x	x	x		x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
	Тр 5.11.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	
	Тр 5.12.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 5.13.			x	x	x		x	x			x	x		x		x	x	x	x
	Тр 5.14.	x	x	x	x	x	l/d>2	l/d>2	l/d>2	l/d>2	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	Тр 5.15.	x	x	x	x	x	l/d>2	l/d>2	l/d>2	l/d>2	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	Тр 5.16.	x	x	x	x	x	l/d>2	l/d>2	l/d>2	l/d>2	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	Тр 5.17.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Тройная опорная	***Тр 6.1.***	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	Тр 6.2.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x

Примечание. Тр 5.14. Тр 5.15. Тр 5.16. Тр 5.17. применяются для деталей класса «вал».

Витебский государственный технологический университет

Приложение У

Алгоритмы назначения вида компонентов комплекта технологических баз

Таблица У.1 – Алгоритмы назначения вида компонента комплекта технологических баз № 1

Правило	Содержание
1	2
О10	Если существует комплект технологических баз, состоящий из трех взаимно перпендикулярных плоскостей $P_i \perp P_j \perp P_k$ и задан допуск перпендикулярности оси O_{10} относительно плоскости P_i, а допуск линейного размера относительно $P_{j(k)}$ меньше допуска линейного размера относительно $P_{k(j)}$, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, плоскость $P_{j(k)}$ – двойной однонаправленной (направляющей), плоскость – $P_{k(j)}$ одиночной (опорной). Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск перпендикулярности относительно плоскости P_j либо плоскости P_k. В символьном виде на языке алгебры логики: $\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((O_{10} \perp P_i) \vee (O_{10} \perp P_j) \vee (O_{10} \perp P_k))$ $T \perp O_{10} \rightarrow P_i \wedge TX(Z) < TZ(X) \Rightarrow P_i$=3ОН; $P_{j(k)}$=2ОН; $P_{k(j)}$=1Б; $T \perp O_{10} \rightarrow P_j \wedge TY(Z) < TZ(Y) \Rightarrow P_j$=3ОН; $P_{i(k)}$=2ОН; $P_{k(i)}$=1Б; $T \perp O_{10} \rightarrow P_k \wedge TX(Y) < TY(X) \Rightarrow P_k$=3ОН; $P_{j(i)}$=2ОН; $P_{i(j)}$=1Б

О11	Если заданы допуски параллельности оси O_{11} относительно плоскостей P_i и P_j, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости $P_{i(j)}$ меньше численного значения допуска параллельности оси относительно плоскости $P_{j(i)}$, то плоскость $P_{i(j)}$ назначается тройной однонаправленной базой, плоскость $P_{j(i)}$ – двойной однонаправленной, плоскость P_k – одиночной. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск параллельности оси относительно плоскостей P_i и P_k, P_j и P_k.
	$\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((O_{11} // P_i) \wedge (O_{11} // P_j)) \vee ((O_{11} // P_i) \wedge (O_{11} // P_k)) \vee ((O_{11} // P_j) \wedge (O_{11} // P_k))$
	$T // O_{11} \rightarrow P_{i(j)} < T // O_{11} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_{i(j)}$=3ОН; $P_{j(i)}$=2ОН; P_k=1Б;
	$T // O_{11} \rightarrow P_{i(k)} < T // O_{11} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_{i(k)}$=3ОН; $P_{k(i)}$=2ОН; P_j=1Б;
	$T_{//} O_{11} \rightarrow P_{j(k)} < T_{//} O_{11} \rightarrow P_{k(j)} \Rightarrow P_{j(k)}$=3ОН; $P_{k(j)}$=2ОН; P_i=1Б

Витебским государственным технологическим университет

Продолжение таблицы У.1

1	2
О12	Если заданы допуски параллельности оси O_{12} относительно плоскости P_i и допуск углового расположения относительно $P_{j(k)}$, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости P_i меньше численного значения допуска углового расположения оси относительно плоскости $P_{j(k)}$, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость $P_{j(k)}$ двойной однонаправленной, плоскость $P_{k(j)}$ – одиночной. Если численное значение допуска углового расположения меньше допуска параллельности, то в качестве тройной однонаправленной базы назначается плоскость $P_{j(k)}$, двойной однонаправленной – P_i, одиночной – $P_{k(j)}$. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск параллельности оси относительно плоскостей P_j и P_k и углового расположения относительно $P_{i(k)}$ и $P_{i(j)}$. $\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((O_{12} // P_i) \vee (O_{12} \angle P_j)) \vee ((O_{12} // P_i) \vee (O_{12} \angle Pk)) \vee ((O_{12} // P_j) \vee (O_{12} \angle P_k))$ $T // O_{12} \rightarrow P_{i(j)} < T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_{i(j)}$=3ОН; $P_{j(i)}$=2ОН; P_k=1Б; $T // O_{12} \rightarrow P_{i(k)} < T \angle O_{12} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_{i(k)}$=3ОН; $P_{k(i)}$=2ОН; P_j=1Б; $T // O_{12} \rightarrow P_{j(k)} < T \angle O_{12} \rightarrow P_{k(j)} \Rightarrow P_{ij(k)}$=3ОН; $P_{k(j)}$=2ОН; P_i=1Б
П10	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости $П_{10}$ относительно плоскостей P_i и P_j, а численное значение допуска перпендикулярности плоскости относительно плоскости P_i меньше численного значения допуска перпендикулярности относительно плоскости P_j, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_j – двойной однонаправленной, плоскость P_k – одиночной. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости P_i больше численного значения допуска перпендикулярности относительно плоскости P_j, то в качестве тройной однонаправленной базы назначается плоскость P_j, двойной однонаправленной – P_i, одиночной – P_k. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск параллельности оси относительно плоскостей P_i и P_k, P_j и P_k. $\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((П_{10} \perp P_i) \vee (П_{10} \perp P_j)) \vee ((П_{10} \perp P_i) \vee (П_{10} \perp Pk)) \vee ((П_{10} \perp P_j) \vee (П_{10} \perp P_k))$ $T \perp П_{10} \rightarrow P_{i(j)} < T \perp П_{10} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_{i(j)}$=3ОН; $P_{j(i)}$=2ОН; P_k=1Б; $T \perp П_{10} \rightarrow P_{i(k)} < T \perp П_{10} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_{i(k)}$=3ОН; $P_{k(i)}$=2ОН; P_j=1Б; $T \perp П_{10} \rightarrow P_{j(k)} < T \perp П_{10} \rightarrow P_{k(j)} \Rightarrow P_{ij(k)}$=3ОН; $P_{k(j)}$=2ОН; P_i=1Б.
П11	Если задан допуск параллельности плоскости $П_{11}$ относительно плоскости P_i, а допуск линейного размера относительно $P_{j(k)}$меньше допуска линейного размера относительно $P_{k(j)}$, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость $P_{j(k)}$ – двойной однонаправленной, плоскость $P_{k(j)}$ – одиночной. Аналогично определяются компоненты комплекта,

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы У.1

1	2
	если задан допуск параллельности относительно плоскости P_j либо плоскости P_k. $\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((П11 // Pi) \vee (П_{11} // P_j) \vee (П_{11} // P_k))$ $T // П_{11} \rightarrow P_i \wedge TX(Z) < TZ(X) \Rightarrow P_i$=3ОН; $P_{j(k)}$=2ОН; $P_{k(j)}$=1Б; $T // П_{11} \rightarrow P_j \wedge TY(Z) < TZ(Y) \Rightarrow P_j$=3ОН; $P_{i(k)}$=2ОН; $P_{k(i)}$=1Б; $T // П_{11} \rightarrow P_k \wedge TX(Y) < TY(X) \Rightarrow P_k$=3ОН; $P_{j(i)}$=2ОН; $P_{j(i)}$=1Б
П12	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости $П_{12}$ относительно плоскости P_i и допуск углового расположения относительно $P_{j(k)}$, а численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости P_i меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости $P_{j(k)}$, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость $P_{j(k)}$ – двойной однонаправленной, плоскость $P_{k(j)}$ – одиночной. Если численное значение допуска углового расположения меньше численного значения допуска параллельности, то в качестве тройной однонаправленной базы назначается плоскость $P_{j(k)}$, двойной однонаправленной – P_i, одиночной – $P_{k(j)}$. Аналогично определяются компоненты комплекта, если задан допуск перпендикулярности плоскости относительно плоскостей P_j и P_k, углового расположения относительно $P_{i(k)}$ и $P_{i(j)}$. $\exists(P_i \perp P_j \perp P_k) \wedge ((П_{12} \perp P_i) \vee (П_{12} \angle P_{j(k)})) \vee ((П_{12} \perp P_j) \vee (П_{12} \angle P_{k(i)})) \vee ((П_{12} \perp P_k) \vee (П_{12} \angle P_{j(i)}))$ $T \perp П_{12} \rightarrow P_i < T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(k)} \Rightarrow P_i$=3ОН; $P_{j(k)}$=2ОН; $P_{k(j)}$=1Б; $T \perp П_{12} \rightarrow P_j < T \angle O_{12} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_j$=3ОН; $P_{k(j)}$=2ОН; $P_{j(k)}$=1Б; $T \perp П_{12} \rightarrow P_k < T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_k$=3ОН; $P_{j(i)}$=2ОН; $P_{i(j)}$=1Б; $T \perp П_{12} \rightarrow P_i > T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(k)} \Rightarrow P_i$= 2ОН; $P_{j(k)}$=3ОН; $P_{k(j)}$=1Б; $T \perp П_{12} \rightarrow P_j > T \angle O_{12} \rightarrow P_{k(i)} \Rightarrow P_j$= 2ОН; $P_{k(j)}$= 3ОН; $P_{j(k)}$=1Б; $T \perp П_{12} \rightarrow P_k > T \angle O_{12} \rightarrow P_{j(i)} \Rightarrow P_k$= 2ОН; $P_{j(i)}$= 3ОН; $P_{i(j)}$=1Б

Таблица У.2 – Алгоритмы назначения вида компонента комплекта технологических баз № 2

Правило	Содержание
1	2
О20	Если существует комплект технологических баз, состоящий из двух взаимно перпендикулярных плоскостей $P_i \perp P_j$ и оси $(O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)$, перпендикулярной одной из них (параллельной другой) и задан допуск перпендикулярности оси O_{20} относительно плоскости P_i, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_j – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. В частном случае, если плоскость

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы У.2

1	2
	P_j совпа дает с осью O_l, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l назначается двойной разнонаправленной (двойной опорной) базой, а плоскость P_j – одиночной. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (O_{20} \perp P_j)$ $T \perp O_{20} \rightarrow P_j \Rightarrow P_j$=3ОН; P_i=2ОН; O_l=1Б; $T \perp O_{20} \rightarrow P_j \wedge O_{20} \subset P_i \Rightarrow P_j$=3ОН; O_l=2РН; P_i=1Б
О21	Если задан допуск перпендикулярности оси O_{21} относительно плоскости P_j, а допуск линейного размера относительно P_i меньше допуска линейного размера относительно O_l, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_i – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. Если допуск линейного размера относительно P_i больше допуска линейного размера относительно O_l, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, плоскость P_i – одиночной базами. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то ось O_l назначается четверной (двойной направляющей), базой, плоскости P_j и P_i назначаются одиночными базами. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (O_{21} \perp P_i)$ $T \perp O_{21} \rightarrow P_i$ $TX(P_j) < TY(O_l) \Rightarrow P_i$=3ОН; P_j=2ОН; O_l=1Б; $T \perp O_{21} \rightarrow P_i$ $TX(P_j) > TY(O_l) \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; P_i=1Б; $T \perp O_{21} \rightarrow P_i \wedge O_{20} \subset P_i \Rightarrow O_l$=4Б; P_j=1Б; P_i=1Б
О22	Если задан допуск параллельности оси O_{22} относительно оси O_l, то ось O_l назначается четверной базой, плоскости P_i и P_j назначаются одиночными базами. В частности, точка пересечения P_i и O_l может быть тройной одиночной базой (в зависимости от возможной реализации), ось O_l – двойной разнонаправленной, а P_j – одиночной. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge O_{22} // Ol$ $T // O_{22} \rightarrow O_l \Rightarrow O_l$=4Б; P_i=1Б; P_j=1Б
О23	Если задан допуск перпендикулярности оси O_{23} относительно O_l и параллельности относительно P_j, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, плоскость P_i – одиночной. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (O_{23} // P_i) \wedge (O_{23} \perp O_l)$ $T // O_{23} \rightarrow P_i \wedge T \perp O_{23} \rightarrow O_l \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; P_j=1Б
О24	Если заданы допуски параллельности оси O_{24} относительно плоскостей P_i и P_j, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости $P_{i(j)}$ меньше численного значения допуска параллельности оси относительно плоскости $P_{j(i)}$, то плоскость $P_{i(j)}$ назначается тройной однонаправленной базой, плоскость $P_{j(i)}$ – двойной однонаправленной, ось O_l –

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы У.2

1	2
	одиночной. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскость P_j – одиночной. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (O_{24} // Pj) \wedge (O_{24} // P_i)$ $T // O_{24} \rightarrow P_j <(>) T // O_{24} \rightarrow P_i \Rightarrow P_{j(i)}$=3ОН; $P_{i(j)}$=2ОН; O_l=1Б; $T // O_{24} \rightarrow P_j <(>) T // O_{24} \rightarrow P_{i(} \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=2РН; P_j=3ОН; P_i=1Б
О25	Если заданы допуски параллельности оси O_{25} относительно плоскости P_j и допуск углового расположения относительно плоскости P_i, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости P_j больше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости P_i, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_j – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскость P_j – одиночной. Если численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости P_j меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости P_i, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_i – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (O_{25} \angle P_j) \wedge (O_{25} // P_i)$ $T \angle O_{25} \rightarrow P_j <(>) T // O_{25} \rightarrow P_i \Rightarrow P_{j(i)}$=3ОН; $P_{i(j)}$=2ОН; O_l=1Б; $T \angle O_{25} \rightarrow P_j <(>) T // O_{25} \rightarrow P_i \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=2РН; P_j=3ОН; P_i=1Б
О27	Если заданы допуски параллельности оси O_{27} относительно плоскости P_j и допуск углового расположения относительно оси O_l, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, плоскость P_i – одиночной. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то ось O_l назначается четверной базой, а плоскости P_j и P_i – одиночными. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (O_{26} \angle O_l) \wedge (O_{26} // P_i)$ $T \angle O_{26} \rightarrow O_l \wedge T // O_{26} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; P_j =1Б; $T \angle O_{26} \rightarrow O_l \wedge T // O_{26} \rightarrow P_i \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=4Б; P_i=1Б; P_j=1Б
О29	Если заданы допуски параллельности оси O_{29} относительно плоскости P_i и допуск углового расположения относительно плоскости P_j, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости P_i меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости P_j, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_j – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной.

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы У.2

1	2
	В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то O_l назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскости P_j и P_i одиночной и тройной однонаправленной соответственно. Если численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости P_i больше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости P_j, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_i – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (O_{29} \angle P_i) \wedge (O_{29} // P_j)$ $T \angle O_{29} \rightarrow P_i <(>) T // O_{29} \rightarrow P_j \Rightarrow P_{j(i)}$=3ОН; $P_{i(j)}$=2ОН; O_l=1Б; $T \angle O_{29} \rightarrow P_i <(>) T // O_{29} \rightarrow P_j \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=2РН; P_j=3ОН; P_i=1Б
П20	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости Π_{20} относительно плоскостей P_i и P_j, а численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости P_i меньше численного значения допуска перпендикулярности относительно плоскости P_j, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_j – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости P_i больше численного значения допуска перпендикулярности относительно плоскости P_j, то в качестве тройной однонаправленной базы назначается плоскость P_j, двойной однонаправленной – P_i, одиночной – ось O_l. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то O_l назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскости P_j и P_i – одиночной и тройной однонаправленной соответственно. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (\Pi_{20} \perp P_i) \wedge (\Pi_{20} \perp P_j)$ $T \perp \Pi_{20} \rightarrow P_i <(>) T \perp \Pi_{20} \rightarrow P_j \Rightarrow P_{i(j)}$=3ОН; $P_{j(i)}$=2ОН; O_l=1Б; $T \perp \Pi_{20} \rightarrow P_{i(j)} <(>) T \perp \Pi_{20} \rightarrow P_{i(j)} \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=2РН; P_j=3ОН; P_i=1Б
П21	Если задан допуск параллельности плоскости Π_{21} относительно плоскости P_j, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_i – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то O_l назначается четверной базой, а плоскости P_j и P_i – одиночными. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (\Pi_{21} // P_j)$ $T // \Pi_{21} \rightarrow P_j \Rightarrow P_j$=3ОН; P_i=2ОН; O_l=1Б; $T // \Pi_{21} \rightarrow P_j \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=2РН; P_j=3ОН; P_i=1Б
П22	Если задан допуск параллельности плоскости Π_{22} относительно плоскости P_i, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_j – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то плоскость P_i назначается тройной однонаправ-

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы У.2

1	2
	ленной базой, ось O_l назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскости P_j – одиночной. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (П_{22} // P_i)$ $Т // П_{22} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; P_j=2ОН; O_l=1Б; $Т // П_{22} \rightarrow P_i \wedge O_l \subset P_j \Rightarrow O_l$=2РН; P_i=3ОН; P_j=1Б
П23	Если задан допуск перпендикулярности плоскости $П_{23}$ относительно оси O_l, то ось O_l назначается четверной базой, плоскости P_i и P_j назначаются одиночными базами. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (П_{23} \perp O_l)$ $Т \perp П_{23} \rightarrow O_l \Rightarrow O_l$ =4Б; P_i=1Б; P_j=1Б
П24	Если задан допуск параллельности плоскости $П_{24}$ относительно O_l и перпендикулярности относительно P_j, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, плоскость P_i – одиночной. Если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то O_l назначается четверной базой, а плоскости P_i и P_j – одиночными. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (П_{24} // O_l) \wedge (П_{24} \perp P_j)$ $Т // П_{24} \rightarrow O_l \wedge Т \perp П_{24} \rightarrow P_j \Rightarrow P_j$=3ОН; O_l=2ОН; P_i=1Б; $Т // П_{24} \rightarrow O_l \wedge Т \perp П_{24} \rightarrow P_j \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=4Б; P_i=1Б; P_j=1Б
П25	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости $П_{25}$ относительно плоскости P_j и допуск углового расположения относительно плоскости P_i, а численное значение допуска параллельности оси относительно плоскости P_j больше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости P_i, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_j двойной однонаправленной, ось O_l одиночной. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскость P_j – одиночной. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости P_j меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости P_i, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_i – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (П_{25} \angle P_j) \wedge (П_{25} // P_i)$ $Т \angle П_{25} \rightarrow P_j <(>) Т // П_{25} \rightarrow P_i \Rightarrow P_{j(i)}$=3ОН; $P_{i(j)}$=2ОН; O_l=1Б; $Т \angle П_{25} \rightarrow P_j <(>) Т // П_{25} \rightarrow P_i \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=2РН; P_j=3ОН; P_i=1Б
П26	Если заданы допуски перпендикулярности $П_{26}$ относительно плоскости P_i и допуск углового расположения относительно плоскости P_j, а численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости P_i меньше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости P_j, то

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы У.2

1	2
	плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_j – двойной однонаправленной, ось O_l - одиночной. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то O_l назначается двойной разнонаправленной базой, а плоскости P_j и P_i – одиночной и тройной однонаправленной соответственно. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости P_i больше численного значения допуска углового расположения относительно плоскости P_j, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, плоскость P_i – двойной однонаправленной, ось O_l – одиночной. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то O_l назначается четверной базой, а плоскости P_j и P_i – одиночными. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (П_{26} \angle P_i) \wedge (П_{26} \perp P_i)$ $T \angle П_{26} \rightarrow P_i <(>) T \perp П_{26} \rightarrow P_i \Rightarrow P_{i(j)}$=3ОН; $P_{j(i)}$=2ОН; O_l=1Б; $T \angle П_{26} \rightarrow P_j <(>) T \perp П_{26} \rightarrow P_i \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=2РН; P_i=3ОН; P_i=1Б
П27	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости $П_{27}$ относительно плоскости P_j и допуск углового расположения относительно оси O_l, а численное значение допуска перпендикулярности относительно плоскости P_j меньше численного значения допуска углового расположения относительно оси O_l, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, плоскость P_i – одиночной. В частном случае, если плоскость P_j совпадает с осью O_l, то ось O_l назначается четверной базой, а плоскости P_i и P_j – одиночными. $\exists(P_i \perp P_j) \wedge ((O_l \perp P_j) \wedge (O_l // P_i)) \wedge (П_{27} \angle O_l) \wedge (П_{27} \perp P_i)$ $T \angle П_{27} \rightarrow O_l <(>) T \perp П_{27} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; P_j=1Б; $T \angle П_{27} \rightarrow O_l <(>) T \perp П_{27} \rightarrow P_i \wedge O_l \subset P_i \Rightarrow O_l$=4Б; P_j=1Б; P_i=1Б.

Таблица У.3 – Алгоритмы назначения вида компонента комплекта технологических баз № 3

Правило	Содержание
1	2
О30	Если существует комплект технологических баз, состоящий из плоскости P_i и двух параллельных осей перпендикулярных плоскости P_i то есть $(O_l // O_n) \perp P_i$ и задан допуск перпендикулярности оси O_{30} относительно плоскости P_i, то плоскость P_j назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей –

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы У.3

1	2
	двойной разнонаправленной, вторая – одиночной. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{30} \perp P_i)$ $T \perp O_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; $O_{l(n)}$=2РН; $O_{n(l)}$=1Б
О31	Если задан допуск параллельности оси O_{31} относительно оси $O_{l(n)}$, то ось $O_{l(n)}$ назначается четверной базой, ось $O_{n(l)}$ и плоскость P_i назначаются одиночными базами. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{31} // O_{l(n)})$ $T // O_{31} \rightarrow O_{l(n)} \Rightarrow O_{l(n)}$=4Б; $O_{n(l)}$=1Б; P_i=1Б
О32	Если задан допуск перпендикулярности оси O_{32} относительно плоскости, проходящей через две оси $\{O_l O_n\}$, то ось, от которой задан размер до обрабатываемой оси, назначается четверной базой, другая ось и плоскость назначаются одиночными базами. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{32} \perp \{O_l O_n\})$ $T \perp O_{32} \rightarrow \{O_l O_n\} \Rightarrow O_{l(n)}$=4Б; $O_{n(l)}$=1Б; P_i=1Б
О33	Если заданы допуски параллельности оси O_{33} относительно плоскостей P_i и плоскости, проходящей через две оси $\{O_l O_n\}$, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей двойной разнонаправленной, вторая одиночной. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{33} // \{O_l O_n\} \wedge O_{33} // P_i)$ $T // O_{33} \rightarrow \{O_l O_n\} \wedge T // O_{33} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; $O_{l(n)}$=2РН; $O_{n(l)}$=1Б
О34	Если заданы допуски параллельности оси O_{34} относительно плоскости, проходящей через две оси $\{O_l O_n\}$, и допуск углового расположения относительно плоскости P_i, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{34} // \{O_l O_n\} \wedge O_{34} \angle P_i)$ $T // O_{34} \rightarrow \{O_l O_n\} \wedge T \angle O_{34} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; $O_{l(n)}$=2РН; $O_{n(l)}$=1Б
О36	Если заданы допуски параллельности оси O_{36} относительно плоскости $\{O_l O_n\}$ и допуск углового расположения относительно оси $O_{l(n)}$, то ось $O_{l(n)}$ назначается четверной базой, одна из осей и плоскость P_i – одиночными. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (O_{34} // \{O_l O_n\} \wedge O_{34} \angle O_{l(n)})$ $T // O_{34} \rightarrow \{O_l O_n\} \wedge T \angle O_{34} \rightarrow O_{l(n)} \Rightarrow O_{l(n)}$=4Б; $O_{n(l)}$=1Б; P_i=1Б
П30	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости $П_{30}$ относительно плоскости $\{O_l O_n\}$ и P_i и численное значение допуска перпендикулярности относительно P_i меньше численного значения допуска перпендикулярности относительно $\{O_l O_n\}$, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей, от которой задан размер, – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно P_i больше численного зна

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы У.3

1	2
	чения допуска перпендикулярности относительно $\{O_lO_n\}$, то плоскость $\{O_lO_n\}$ назначается тройной однонаправленной базой, P_i – двойной однонаправленной, одна из осей, от которой задан размер, – одиночной. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{30} \perp \{O_lO_n\} \wedge \Pi_{30} \perp P_i)$ $T \perp \Pi_{30} \rightarrow \{O_lO_n\} > T \perp \Pi_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; $O_{l(n)}$=2РН; $O_{n(l)}$=1Б; $T \perp \Pi_{30} \rightarrow \{O_lO_n\} < T \perp \Pi_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow \{O_lO_n\}$=3ОН; P_i =2ОН; $O_{n(l)}$=1Б
П31	Если задан допуск параллельности плоскости Π_{31} относительно плоскости $\{O_lO_n\}$, то одна из осей назначается четверной базой, вторая ось и плоскость P_i назначаются одиночными базами. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{31} // \{O_lO_n\})$ $T // \Pi_{31} \rightarrow \{O_lO_n\} \Rightarrow O_{l(n)}$=4Б; $O_{n(l)}$=1Б; P_i=1Б
П32	Если задан допуск параллельности плоскости Π_{32} относительно плоскости P_i, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{31} // P_i)$ $T // \Pi_{31} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; $O_{l(n)}$=2РН; $O_{n(l)}$=1Б
П33	Если задан допуск перпендикулярности плоскости Π_{33} относительно одной оси, то эта ось назначается четверной базой, вторая ось и плоскость P_i назначаются одиночными базами. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{33} \perp O_{l(n)})$ $T \perp \Pi_{33} \rightarrow O_{l(n)} \Rightarrow O_{l(n)}$=4Б; $O_{n(l)}$=1Б; P_i=1Б
П34	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости Π_{34} относительно плоскости P_i и углового расположения относительно плоскости $\{O_lO_n\}$ и численное значение допуска перпендикулярности относительно P_i меньше численного значения допуска углового расположения относительно $\{O_lO_n\}$, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей, от которой задан размер, – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно P_i больше численного значения допуска углового расположения относительно $\{O_lO_n\}$, то плоскость $\{O_lO_n\}$ назначается тройной однонаправленной базой, P_i – двойной однонаправленной, одна из осей, от которой задан размер, – одиночной. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (\Pi_{34} \angle \{O_lO_n\} \wedge \Pi_{34} \perp P_i)$ $T \angle \Pi_{34} \rightarrow \{O_lO_n\} > T \perp \Pi_{34} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; $O_{l(n)}$=2РН; $O_{n(l)}$=1Б; $T \angle \Pi_{30} \rightarrow \{O_lO_n\} < T \perp \Pi_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow \{O_lO_n\}$=3ОН; P_i =2ОН; $O_{n(l)}$=1Б
П35	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости Π_{35} относительно плоскости $\{O_lO_n\}$ и углового расположения относительно

Окончание таблицы У.3

Витебский государственный технологический университет

1	2
	плоскости P_i $\{O_lO_n\}$ и численное значение допуска углового расположения относительно P_i меньше численного значения допуска перпендикулярности относительно $\{O_lO_n\}$, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, одна из осей, от которой задан размер, – двойной разнонаправленной, вторая – одиночной. Если численное значение допуска углового расположения относительно P_i больше численного значения допуска перпендикулярности относительно $\{O_lO_n\}$, то плоскость $\{O_lO_n\}$ назначается тройной однонаправленной базой, P_i – двойной однонаправленной, одна из осей, от которой задан размер, – одиночной. $\exists (O_l \perp P_i \wedge O_n \perp P_i) \wedge (П_{35} \perp \{O_lO_n\} \wedge П_{35} \angle P_i)$ $T \perp П_{35} \rightarrow \{O_lO_n\} > T \angle П_{35} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; $O_{l(n)}$=2РН; $O_{n(l)}$=1Б; $T \perp П_{30} \rightarrow \{O_lO_n\} < T \angle П_{30} \rightarrow P_i \Rightarrow \{O_lO_n\}$=3ОН; P_i =2ОН; $O_{n(l)}$=1Б

Таблица У.4 – Алгоритмы назначения вида компонента комплекта технологических баз № 4

Правило	Содержание
1	2
О40	Если существует комплект технологических баз, состоящий из плоскости P_i и двух осей, одна из которых O_n перпендикулярна плоскости P_i, а другая O_l параллельна и задан допуск перпендикулярности оси O_{40} относительно плоскости P_i, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, O_n – одиночной. В том случае, если ось O_l лежит в плоскости P_i, то ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (O_{40} \perp P_i) \wedge (O_{40} \perp P_i)$ $T \perp O_{40} \rightarrow P_i \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; O_n=1Б; $T \perp O_{40} \rightarrow P_i \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_l$=4Б; O_n=1Б; P_i=1Б
О41	Если задан допуск перпендикулярности оси O_{41} относительно оси O_l и параллельности относительно плоскости P_i, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, O_n – одиночной. В том случае, если ось O_l лежит в плоскости P_i, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (O_{41} \perp O_l \wedge O_{41} // Pi)$ $T \perp O_{41} \rightarrow O_l \wedge T // O41 \rightarrow Pi \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; O_n=1Б; $T \perp O_{41} \rightarrow P_i \wedge T // O41 \rightarrow Pi \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_l$=4Б; O_n=1Б; P_i=1Б
О42	Если задан допуск параллельности оси O_{42} относительно оси O_l, то ось O_l назначается четверной базой, O_n и P_i – одиночны-

Продолжение таблицы У.4

Витебский государственный технологический университет

1	2
	ми. В частности, если плоскость совпадает с O_n , то O_n принимается в качестве двойной разнонаправленной базы. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (O_{42} // O_n)$ $T // O_{42} \rightarrow O_n \Rightarrow O_n$=4Б; P_i=1Б; O_l=1Б; $T // O_{42} \rightarrow O_n \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_l$=4Б; O_n=2РН
О43	Если задан допуск параллельности оси O_{43} относительно оси O_n, то ось O_n назначается четверной базой, O_l и P_i – одиночными. В частности, если плоскость совпадает с O_l, то O_l принимается в качестве двойной разнонаправленной базы. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (O_{43} // O_l)$ $T // O_{43} \rightarrow O_l \Rightarrow O_l$=4Б; P_i=1Б; O_n=1Б; $T // O_{43} \rightarrow O_l \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_l$=4Б; O_n=2РН
О44	Если задан допуск перпендикулярности оси O_{44} относительно осей O_n и O_l, а ось лежит в плоскости и численное значение допуска относительно $O_{n(l)}$ меньше численного значения допуска относительно $O_{l(n)}$, то ось $O_{n(l)}$ назначается четверной базой, а $O_{l(n)}$ – двойной разнонаправленной. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (O_{41} \perp O_l \wedge O_{41} \perp O_n)$ $T \perp O_{41} \rightarrow O_l$ <(>) $T \perp O_{41} \rightarrow O_n \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_{l(n)}$=4Б; $O_{n(l)}$=2РН
О45	Если заданы допуски параллельности оси O_{45} относительно плоскости P_i и углового расположения относительно оси O_l, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, ось O_n – одиночной. В том случае, если ось O_l лежит в плоскости P_i, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (O_{45} // P_i \wedge O_{45} \angle O_l)$ $T // O_{45} \rightarrow P_i \wedge T \angle O_{45} \rightarrow O_l \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; O_n=1Б; $T // O_{45} \rightarrow P_i \wedge T \angle O_{45} \rightarrow O_l \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_l$=4Б; O_n=1Б; P_i=1Б
П42	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости $П_{42}$ относительно плоскости P_i и параллельности относительно оси O_l, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, ось O_n– одиночной. В том случае, если ось O_l лежит в плоскости P_i, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (П_{42} \perp P_i \wedge П_{42} // O_l)$ $T \perp П_{42} \rightarrow P_i \wedge T // П_{42} \rightarrow O_l \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; O_n=1Б; $T \perp П_{42} \rightarrow P_i \wedge T // П_{42} \rightarrow O_l \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_l$=4Б; O_n=1Б; P_i=1Б
П43	Если заданы допуски перпендикулярности плоскости $П_{43}$ относительно плоскости P_i и углового расположения относительно

Окончание таблицы У.4

Витебский государственный технологический университет

1	2
	оси O_l, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, ось O_n – одиночной. В том случае, если ось O_l лежит в плоскости P_i, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (\Pi_{43} \perp P_i \wedge \Pi_{43} \angle O_l)$ $T \perp \Pi_{43} \rightarrow P_i \wedge T \angle \Pi_{43} \rightarrow O_l \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; O_n=1Б; $T \perp \Pi_{43} \rightarrow P_i \wedge T \angle \Pi_{43} \rightarrow O_l \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_l$=4Б; O_n=1Б; P_i=1Б
П44	Если заданы допуски параллельности плоскости Π_{44} относительно оси O_n и углового расположения относительно оси O_l, а ось лежит в плоскости, и численное значение допуска параллельности плоскости относительно оси O_n меньше численного значения допуска углового расположения относительно оси O_l, то ось O_n назначается четверной базой, ось O_l – одиночной. Если численное значение допуска параллельности плоскости относительно оси O_n больше численного значения допуска углового расположения относительно оси O_l, то ось O_l назначается четверной базой, ось O_n – одиночной. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (\Pi_{44} // O_l \wedge \Pi_{44} \angle O_n)$ $T // \Pi_{44} \rightarrow O_l <(>) T \angle \Pi_{44} \rightarrow O_n \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_{l(n)}$=4Б; $O_{n(l)}$=2РН
П45	Если заданы допуски углового расположения плоскости Π_{45} относительно плоскости P_i и параллельности относительно оси O_l, то плоскость P_i назначается тройной однонаправленной базой, ось O_l – двойной однонаправленной, ось O_n – одиночной. В том случае, если ось O_l лежит в плоскости P_i, то указанная ось назначается четверной базой, а другая ось и плоскость – одиночными. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (\Pi_{45} \angle P_i \wedge \Pi_{45} // O_l)$ $T \angle \Pi_{45} \rightarrow P_i \wedge T // \Pi_{45} \rightarrow O_l \Rightarrow P_i$=3ОН; O_l=2ОН; O_n=1Б; $T \angle \Pi_{45} \rightarrow P_i \wedge T // \Pi_{45} \rightarrow O_l \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_l$=4Б; O_n=1Б; P_i=1Б
П46	Если заданы допуски параллельности плоскости Π_{46} относительно оси O_l и углового расположения относительно оси O_n, а ось лежит в плоскости, и численное значение допуска параллельности плоскости относительно оси O_l меньше численного значения допуска углового расположения относительно O_n, то ось O_l назначается четверной базой, ось O_n – одиночной. Если численное значение допуска параллельности плоскости относительно оси O_l больше численного значения допуска углового расположения относительно O_n, то ось O_n назначается четверной базой, ось O_l – двойной разнонаправленной. $\exists (O_n \perp P_i) \wedge (O_l // P_i) \wedge (\Pi_{46} // O_l \wedge \Pi_{46} \angle O_n)$ $T // \Pi_{46} \rightarrow O_l <(>) T \angle \Pi_{46} \rightarrow O_n \wedge P_i \subset O_l \Rightarrow O_{l(n)}$=4Б; $O_{n(l)}$=2РН

Витебский государственный технологический университет

Примечания:

1. В приложении У приводятся алгоритмы для достаточно распространенных вариантов ориентации конструктивных элементов относительно компонентов комплекта. Отсутствуют алгоритмы на варианты только угловой ориентации и очевидно-аналогичные алгоритмы.

2. В случае необходимости задания допуска перпендикулярности оси относительно оси второго комплекта, а также допуска перпендикулярности оси относительно оси четвертого комплекта, перпендикулярной плоскости, однозначно задать ориентацию не удается. В этом случае необходимую точность можно получить либо задав допуск косвенно, то есть относительно другого компонента комплекта, либо обработкой от единой базы всех поверхностей, связанных указанными требованиями за один установ.

3. В алгоритмах О44, П44, П46 показаны варианты ориентации относительно пересекающихся осей. В том случае, если оси скрещиваются, то необходимую точность можно получить обработкой от единой базы всех поверхностей, связанных указанными требованиями за один установ, либо применить очень редкий комплект баз: двойная однонаправленная (направляющая), двойная однонаправленная (направляющая), двойная однонаправленная (направляющая).

Витебский государственный технологический университет

Приложение Ф
Качество поверхности заготовок

Таблица Ф.1 – Качество поверхности отливок (Rz + *h*, мкм), достигаемое различными способами формовки

Отливка		Наибольший размер отливки, мм				
Материал	Класс точности	До 500	Св. 500 до 1250	Св. 1250 до 3150	Св. 3150 до 6300	Св. 6300 до 10000
Чугун	I	400	600	800	-	-
	II	500	700	900	-	-
	III	600	800	1000	1500	2000
Сталь	I	300	500	700	-	-
	II	400	600	800	-	-
	III	500	700	900	1300	1700
Цветные металлы и сплавы	I	200	400	-	-	-
	II	300	500	-	-	-
	III	400	600	800	1100	-

[1] Классы точности отливки достигаются: I — литьем в формы, изготовленные машинной формовкой по металлическим моделям; II — машинной формовкой по деревянным моделям; III — ручной формовкой по деревянным моделям.

Таблица Ф.2 – Качество поверхности отливок, достигаемое специальными способами литья

Литье		Квалитет	*Rz*, мкм	*h*, мкм, для заготовки		
				из чугуна	из стали	из цветных металлов
В кокиль		14-15	200	300	200	100
Центробежное		14-15	290	300	200	100
В оболочковые формы для элементов, получаемых	в одной полуформе	11-12	40	260	160	100
	в обеих полуформах	14	40	260	160	100
	под давлением	11-12	50	-	-	100
По выплавляемым моделям		11-12	32	170	100	63

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ф.3 – Качество поверхности поковок (Rz + h, мкм), изготовляемых ковкой

Наибольший размер поковки, мм	Пресс		Молот	Подкладные штампы
	Точность			
	повышенная	нормальная	нормальная	нормальная
От 50 до 180	800	1000	1000	750
Св. 180 » 500	1000	1500	1500	1250
» 500 » 1250	1500	2000	2000	1500
» 1250 » 3150	2000	2500	2500	—
» 3150 » 6300	2500	3000	3000	—

Таблица Ф.4 – Точность и качество поверхности после механической обработки отливок точением, фрезерованием, строганием н шлифованием

Обработка	Квалитет	*Rz*, мкм	h, мкм
Точение, фрезерование, строгание			
Литье в песчаные формы			
Отливка I класса точности			
Однократная	11-12	32	32
Черновая	12	50	50
Отливки II класса точности			
Черновая	14	100	100
Получистовая	12	50	50
Отливки II класса точности			
Обдирочная	16-17	320	320
Черновая	14-15	250	240
Получистовая	11-12	100	100
Отливки I, II, III классов точности			
Чистовая	10-11	25	25
Тонкая	7-9	5	5
Литье в кокиль и центробежное			
Однократная	11	25	25
Черновая	12	50	50
Чистовая	10	20	20
Тонкая	7-9	5	5
Литье в оболочковые формы			
Однократная	10-11	25	25
Черновая	11	20	20
Чистовая	10	10	10
Тонкая	7-9	5	5
Литье по выплавляемым моделям			
Однократная	10	15	20
Тонкая	7-9	2,5	5

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ф.4

Шлифование отливок, получаемых различными способами			
Однократная	7	5	10
Черновая	8-9	10	20
Чистовая	6-8	5	15
Тонкая	5-6	0,63	-

Таблица Ф.5 – Качество поверхности (мкм) сортового проката

Диаметр проката, мм	Точность прокатки					
	высокая		повышенная		обычная	
	Rz	*h*	*Rz*	*h*	*Rz*	*h*
До 30	63	50	80	100	125	150
Св. 30 до 80	100	75	125	150	160	250
» 80 » 180	125	100	160	200	200	300
» 180 » 250	200	200	250	300	320	400

Таблица Ф.6 – Качество поверхности поковок, изготовляемых штамповкой

Масса поковки, кг	Rz	h
	мкм	
До 0,25	80	150
Св. 0,25 » 4	160	200
» 4 » 25	200	250
» 25 » 40	250	300
» 40 » 100	320	350
» 100 » 200	400	400
Примечание. Точность поковок, изготовляемых штамповкой, регламентируется ГОСТ 7505 — 74. Значения *Rz* в таблице даны после пескоструйной обработки поверхностей поковки или травления; при дробеструйной или дробеметной обработке *Rz* принимать равным 400 мкм независимо от массы поковки.		

Таблица Ф.7 – Точность и качество поверхности поковок после механической обработки, получаемых ковкой на прессах, молотах и в подкладных штампах

Способ обработки		Квалитет	Rz, мкм	К мкм
Точение резцами, фрезерование:	обдирочное	17	1250	350
	черновое	15-16	250	240
	получистовое	12-14	125	120
	чистовое	10-11	40	40
	тонкое	6-7	5	5
Шлифование	обдирочное	14-15	20	20
	черновое	10	15	15
	чистовое	6-7	5	5
	тонкое	5-6	2,5	5

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ф.8 – Точность и качество поверхности после отрезки сортового проката

Способ отрезки	Квалитет	*Rz* + *h*, мкм
На ножницах [1]	17	300
Приводными ножовками, дисковыми фрезами на фрезерных станках	14	200
Отрезными резцами на токарных станках	13	200
Отрубка на прессах [1]	17	*Rz* = 150 - 300 *h* = 1000 - 1600

[1] При отрезке на ножницах и отрубке на прессах получается вмятина в направлении, перпендикулярном к поверхности среза, достигающая *0,2D*, и скос по торцу до 3°, которые необходимо учитывать при последующей обработке заготовок как по торцу, так и по диаметру.

Таблица Ф.9 – Точность и качество поверхности штампованных поковок после механической обработки

Способ обработки	Квалитет	Rz, мкм	h, мкм
Валы ступенчатые Обтачивание наружных поверхностей			
Однократное	11-12	32	30
Черновое	12	50	50
Чистовое	11	25	25
Тонкое	7-9	5	5
Подрезание торцовых поверхностей			
Черновое	12	50	50
Чистовое	11	32	30
Фрезерование			
Однократное	14	100	100
Диски Обтачивание наружных поверхностей			
Однократное	10-12	32	30
Черновое	14	100	100
Получистовое	12	50	50
Чистовое	10-11	25	25
Подрезание торцовых поверхностей			
Однократное	10-12	32	30
Черновое	14	100	100
Получистовое	12	50	50
Чистовое	10-11	25	25
Рычаги (плоскости, параллельные оси детали, и плоскости разъема головок) Фрезерование			
Черновое	12	32	50
Чистовое	11	10	15

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ф.9

Протягивание			
Однократное	10	5	10
Обтачивание стержня			
Черновое	12	50	50
Чистовое	11	25	25
Шлифование валов, дисков, рычагов			
Однократное	7-9	5	10
Черновое	8-9	10	20
Чистовое	6-7	5	15
Тонкое	5-6	2,5	5

Таблица Ф.10 – Качество поверхности (мкм) поперечно-винтового проката

Диаметр проката, мм	*Rz* при точности прокатки		*h*
	повышенной	нормальной	
До 10	63	100	100
Св. 10» 18	100	200	180
» 18» 30	160	320	300
» 30» 50	320	500	500
» 50» 80	500	800	800
» 80» 120	800	1250	1200
120» 180	1250	1600	2000

Примечание. Качество поверхности поперечно-винтового проката указано после термической обработки (нормализации или улучшения).

Таблица Ф.11 – Точность и качество поверхности заготовок из проката после механической обработки

Способ обработки	Переход	Квалитет	*Rz*, мкм	*h*, мкм
Обработка наружных поверхностей				
Обтачивание резцами проката повышенной и обычной точности прокатки	Обдирка	14	125	120
	Черновое	12	63	60
	Чистовое и однократное	10-11	32-20	30
	Тонкое	7-9	6,3-3,2	-
Шлифование в центрах проката обычной точности прокатки	Черновое	8-9	10	20
	Чистовое и однократное	7-8	6,3	12
Бесцентровое шлифование проката повышенной и высокой точности прокатки	Тонкое	5-6	3,2-0,8	6-2

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ф.11

Обработка торцовых поверхностей				
Подрезание резцом на токарных станках	Черновое	12	50	50
	Чистовое	11	32	30
Шлифование на кругло- и торцешлифовальных станках	Однократное	6	5-10	-

Таблица Ф.12 – Качество поверхностей отверстий после обработки

Способ обработки		Диаметр отверстий d, мм	Квалитет	*Rz*	h
				мкм	
Сверление спиральными сверлами		От 3 до 6	12	20	40
		Св. 6 » 10		32	50
		» 10 » 18		40	60
		» 18 » 50		50	70
		» 50 » 80		63	80
Глубокое сверление специальными сверлами		От 3 до 10	12	16	25
		Св. 10 » 18		20	30
		» 18 » 30		32	40
		» 30 » 50		50	50
Зенкерование	однократное	До 80	10	32	40
	черновое	От 18 до 30	11	40	40
		Св. 30 до 80		50	50
	чистовое	До 30	10	32	30
		Св. 30 до 80		40	40
Растачивание	черновое	От 50 до 260	12	40	50
	чистовое		10	20	20
Развертывание	нормальное	От 6 до 30	10	10	20
	точное		8	5	10
	тонкое		7	3,2	5
Отделочные методы	шлифование	До 80	7-9	5	10
	протягивание	От 10 до 80	8	4	6
	калибрование шариком	» 6 » 80	7	0,63	—
	хонингование	До 80	6-7	0,16	—

Витебский государственный технологический университет

Витебский государственный технологический университет

Приложение Х
Допуски на некоторые технологические размеры

Таблица Х.1 – Точность и качество поверхности при обработке плоскостей

Обработка	Шероховатость	Дефектный поверхносный слой	Квалитет точности обработки	Технологические допуски (в мкм) на размер обработки до базовой поверхности, мм												Степень точности формы и взаимного положения плоскости, ГОСТ 10356—63	Предельное отклонение формы и расположения плоскостей, мкм							
				При размерах (длина х ширина) в мм обрабатываемой плоскости													При размере (длина х ширина) в мм обрабатываемой плоскости							
				До 160х160				Св. 160х160 до 400х400				Св. 400х400 до 1000х1000					До 60Х60		Св. 60х60 до 160Х160		Св. 160Х160 до 400х400		Св. 400Х400 до 1000Х1000	
				До 80	Св. 80 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 500	До 80	Св. 80 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 500	До 80	Св. 80 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 500		А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
1	2	3	4	5				6				7				8	9		10		11		12	
Фрезерование и строгание: черновое	5-10	100-50	12	—	—	—	—	—	—	—	—	400	530	600	760									
			11	—	—	—	—	200	260	300	380	200	260	300	380	XI	80	100	120	160	200	250	250	400
			10	120	160	185	250	120	160	185	250	—	—	—	—	X	40	60	60	100	100	160	160	250
			9	60	80	90	120	—	—	—	—	—	—	—	—	IX	25	40	40	60	60	100	100	160

Продолжение таблицы X.1

1	2	3	4	5				6				7				8	9		10		11		12	
чистовое	5-1,25	50-20	11	—	—	—	—	—	—	—	200	260	300	380	X	40	60	60	100	100	160	160	250
			10	—	—	—	120	160	185	250	120	160	185	250	IX	25	40	40	60	60	100	100	160
			9	60	80	90	120	60	80	90	120	—	—	—	—	VIII	16	25	25	40	40	60	60	100
			7	25	40	47	62	—	—	—	—	—	—	—	—									
тонкое	0,32-1,25	30-10	9	—			—	_	_	—		60	80	90	120	VIII	16	25	25	40	40	60	60	100
			7	25	40	47	62	25	40	47	62	25	40	47	62	VII	10	16	16	25	25	40	40	60
			6	20	27	30	40	20	27	30	40	20	27	30	40	VI	6	10	10	16	16	25	25	40
Торцовое точение и подрезка:																								
черновое	10-40	100-50	14	—	—	—	—	—	—	—	—	740	1000	1150	1550									
			12	400	530	600	760	400	530	600	760	—	—	—	—	XI	80	100	120	160	200	250	250	400
			11	200	260	300	380	—	—	—	—	—	—	—	—	X	40	60	60	100	100	160	160	250
Чистовое или однократное	0,32-2,5	50-20	12	—	—	—	—	—	—	—	—	400	530	600	760	XI	80	100	120	160	200	250	250	400
			11	—	—	—	—	200	260	300	380	200	260	300	380	X	40	60	60	100	100	160	160	250
			10	120	160	185	250	120	160	185	250	—	—	—	—	IX	25	40	40	60	60	100	100	160
			9	60	80	90	120	—	—	—	—	—	—	—	—	VIII	16	25	-	-	-	-	-	-
тонкое	0,32-2,5	30-10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	120	160	185	250	VIII	16	25	25	40	40	60	60	100
			9	—	—	—	—	60	80	90	120	60	80	90	120	VII	10	16	16	25	25	40	40	60
			7	25	40	47	62	25	40	47	62	—	—	—	—	VI	6	10	10	16	16	25	25	40

Витебский государственный технологический университет

391

Окончание таблицы X.1

1	2	3	4	5				6				7				8	9		10		11		12	
Протягивание	0,63-5	60-10	10	—	—	—		120	160	185	250	120	160	185	250	VIII	16	25	25	40	40	60	60	100
			9	60	80	90	120	60	80	90	120	60	80	90	120	VII	10	16	16	25	25	40	40	60
			7	25	40	47	62	25	40	47	62	—	—	—	—	VI	6	10	10	16	16	25	25	40
Шлифование:																								
предвари	1,25-2,5	20	10	120	160	185	250	120	160	185	250	120	160	185	250	VIII	16	25	25	40	40	60	60	100
тельное			9	60	80	90	120	60	80	90	120	60	80	90	120	VII	10	16	16	25	25	40	40	60
			7	25	40	47	62	25	40	47	62	—	—	—	—	VI	6	10	10	16	16	25	25	40
чистовое или	0,32-1,25	15-5	9	60	80	90	120	60	80	90	120	60	80	90	120	VII	10	10	16	25	25	40	40	60
однократное			7	25	40	47	62	25	40	47	62	25	40	47	62	VI	6	10	10	16	16	25	25	40
			6	20	27	30	40	20	27	30	40	20	27	30	40	V	4	6	6	10	10	16	16	25
тонкое	0,08-0,63	5	7	25	40	47	62	25	40	47	62	25	40	47	62	VI	6	10	10	16	16	25	25	40
			6	20	27	30	40	20	27	30	40	20	27	30	40	V	4	6	6	10	10	16	16	25
			5	13	18	20	25	13	18	20	25	13	18	20	25	IV	2,5	4	4	6	6	10	10	16
																III	1,6	2,5	2,5	4	4	6	6	10
Притирка, тон-кое шаб-рение	0,08-0,63	5	5	13	18	20	25	13	18	20	25	13	18	20	25	IV	2,5	4	4	6	6	10	10	16
																III	1,6	2,5	2,5	4	4	6	6	10
																II	1,0	1,6	1,6	2,5	2,5	4	4	6

Примечания: 1. Данные таблицы относятся к деталям из стали, для деталей из чугуна или цветных сплавов предельные отклонения по точности можно принимать на один класс и степень выше; 2. Указанные для данной обработки (черновой, чистовой или тонкой) степени точности формы и взаимного положения плоскостей относится к любому из приведенных классов точности размера обработки; 3. Обозначение: XI — степень точности относится только к отклонениям от параллельности и перпендикулярности плоскостей; отклонение от плоскостности и прямолинейности характеризуются степенью точности «грубее X степени»; 4. Данные таблицы относятся к случаю обработки деталей жесткой конструкции при базировании по чисто обработанной поверхности и при использовании ее в качестве измерительной поверхности. Если эти поверхности не совпадают, то приведенные значения технологических допусков необходимо увеличить на погрешность установки; 5. А — неплоскостность и непрямолинейность; Б — непараллельность и неперпендикулярность.

Витебский государственный технологический университет

392

Таблица Х.2 – Точность расположения осей отверстий при растачивании

Станки	Методы координации инструмента	Отклонение межосевого расстояния, мкм
Токарные	Перемещением салазок на угольнике	100-300
Горизонтально-расточные	По шкале с нониусом	200-400
	По концевым мерам	50-100
	По индикаторному упору	40-80
	По кондуктору	50-100
	При программном управлении установкой координат	25-60
Координатно-расточные	По оптическим приборам	4-20
Алмазно-расточные	-	10-50
Агрегатно-расточные многошпиндельные	С направлением борштанг	25-70
	Без направления инструмента	50-100

Таблица Х.3 – Допуски (мм) расположения осей отверстий после сверления

Параметр	Диаметр отверстия, мм	Материал детали			
		Чугун и алюминий		Сталь	
		Сверло по ГОСТ 885-77			
		общего назначения	точного исполнения	общего назначения	точного исполнения
1	2	3	4	5	6
Смещение оси отверстия относительно: оси кондукторной втулки	До 6	0,13	0,12	0,18	0,17
	Св. 6 до 10	0,13	0,11	0,18	0,16
	» 10 » 18	0,15	0,13	0,20	0,18
	» 18 » 30	0,20	0,18	0,28	0,26
	» 30 » 50	0,27	0,25	0,38	0,36
технологических баз	До 6	0,17	0,15	0,23	0,21
	Св. 6 до 10	0,17	0,15	0,22	0,20
	» 10 » 18	0,18	0,17	0,25	0,23
	» 18 » 30	0,25	0,23	0,34	0,32
	» 30 » 50	0,32	0,30	0,46	0,44
Расстояние между осями двух отверстий, обработанных одновременно на одной позиции	До 6	+ 0,23	+ 0,20	+ 0,31	+ 0,29
	Св. 6 до 10	+ 0,23	+ 0,20	+ 0,31	+ 0,28
	» 10 » 18	+ 0,25	+ 0,23	+ 0,34	+ 0,31
	» 18 » 30	+ 0,35	+ 0,32	4-0,48	+ 0,45
	» 30 » 40	+ 0,45	+ 0,42	+ 0,65	+ 0,61

Витебский государственный технологический университет

Таблица Х.4 – Допуски (мм) расположения осей отверстий после зенкерования

Параметр	Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Материал детали					
		Чугун		Алюминий		Сталь	
		Крепление инструмента					
		жесткое	плавающее	жесткое	плавающее	жесткое	плавающее
Смещение обрабатываемого отверстия относительно: оси отверстия втулки	До 12 Св. 12 до 18 » 18 » 30 » 30 » 50 » 50 » 60 » 60 » 80	0,10 0,09 0,12 0,14 - -	0,08 0,08 0,10 0,13 0,06 0,07	0,11 0,11 0,15 0,18 - -	0,09 0,10 0,12 0,14 0,07 0,07	0,10 0,12 0,17 0,20 - -	0,12 0,12 0,13 0,16 0,07 0,07
технологических баз	До 12 Св. 12 до 18 » 18 » 30 » 30 » 50 » 50 » 60 » 60 » 80	0,12 0,12 0,16 0,18 - -	0,10 0,11 0,14 0,16 0,09 0,10	0,14 0,14 0,19 0,22 - -	0,12 0,13 0,15 0,18 0,10 0,10	0,15 0,15 0,21 0,25 - -	0,13 0,13 0,17 0,19 0,10 0,10
Расстояние между осями двух одновременно обработанных на одной позиции автоматической линии отверстий	До 12 Св. 12 до 18 » 18 » 30 » 30 » 50 » 50 » 60 » 60 » 80	0,16 0,16 0,21 0,24 - -	0,14 0,15 0,19 0,22 0,11 0,13	0,19 0,19 0,26 0,30 - -	0,16 0,17 0,21 0,25 0,12 0,13	0,21 0,20 0,29 0,34 - -	0,17 0,18 0,23 0,26 0,13 0,13

Таблица Х.5 – Допуски (мм) расположения осей отверстий после развертывания

Параметр	Диаметр отверстия, мм	Точность кондукторной втулки	
		повышенная	высокая
Смещение оси обрабатываемого отверстия относительно : оси постоянной кондукторной втулки	До 18 Св. 18 до 30 » 30 » 50 » 50 » 80	0,042 0,047 0,052 0,018	0,038 0,045 0,049 0,016
Технологических баз	До 18 Св. 18 до 30 » 30 » 50 » 50 » 80	0,070 0,074 0,079 0,053	0,066 0,072 0,076 0,052
Расстояние между осями двух отверстий, обработанных одновременно на одной позиции автоматической линии	До 18 Св. 18 до 30 » 30 » 50 » 50 » 80	0,070 0,076 0,092 0,039	0,067 0,069 0,087 0,036

Витебский государственный технологический университет

Приложение Ц
Режимы резания и нормативы времени

Ц.1 Вычисление экономической стойкости

Таблица Ц.1 – Показатели для вычисления экономической стойкости

Вид обработки	Материал заготовки	Материал режущей части	m	μ	τ с.и.	Зи/Е
1	2	3	4	5	6	7
Продольное точение Отрезание и прорезание -//- Фасонное точение	Сталь	Т15К Р6М5	0,2 0,25 0,3	5 4 3,33	1,5 2,5 1,5 2,5	11 10 13,5 22
Продольное точение Отрезание и прорезание	Чугун	ВК6	0,2	5	1,5 2,5	11 10
Сверление d≤5 d=6…10 d=11…20 d=21…30 d=31…40	Сталь	Р6М5	0,2	5	0,6 0,7 0,8 0,9	4,4 6,4 11,3 13,2 16,1
Сверление d≤5 d=6…10 d=11…20 d=21…30 d=31…40	Чугун и силумин	Р6М5	0,125	8	0,6 0,7 0,8 0,9	4,4 6,4 11,3 13,2 16,1
Сверление d≤5 d=6…10 d=11…20 d=21…30 d=31…40	Чугун	ВК8	0,2	5	0,6 0,7 0,8 0,9	3,4 5,4 9,3 10,2 12,1
Рассверливание d=21…30 d=31…40 d=41…50	Сталь	Р6М5	0,2	5	0,8 0,9 1,1	13,2 16,1 20,9
Рассверливание d=21…30 d=31…40 d=41…50	Сталь	ВК8	0,25	4	0,8 0,9 1,1	10,2 12,1 15,9
Рассверливание d=21…30 d=31…40 d=41…50	Чугун	Р6М5	0,125	8	0,8 0,9 1,1	13,2 16,1 20,9

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Ц.1

1	2	3	4	5	6	7
Рассверливание d=21…30 d=31…40 d=41…50	Чугун	ВК8	0, 4	2,5	0,8 0,9 1,1	10,2 12,1 15,9
Зенкерование d=8…20 d=21…30 d=31…40 d=41…50	Сталь	Р6М5	0,3	3,33	0,65 0,8 0,9 1,1	8,35 16,2 20,1 24,9
Зенкерование d=8…20 d=21…30 d=31…40 d=41…50	Сталь	Т15К6	0,25	4	0,65 0,8 0,9 1,1	6,35 13,2 17,1 21,9
Зенкерование d=8…20 d=21…30 d=31…40 d=41…50	Чугун	Р6М5	0,12 5	8	0,65 0,8 0,9 1,1	8,35 16,2 20,1 24,9
Зенкерование d=8…20 d=21…30 d=31…40 d=41…50	Чугун	ВК8	0,4	2,5	0,65 0,8 0,9 1,1	7,35 14,2 18,1 22,9
Развертывание d≤5 d=6…10 d=11…20 d=21…30 d=31…40	Сталь	Р6М5	0,4	2,5	0,6 0,6 0,7 0,8 0,9	12,4 13,4 15,3 18,2 21,1
Развертывание d≤5 d=6…10 d=11…20 d=21…30 d=31…40	Чугун	Р6М5	0,3	3,33	0,6 0,6 0,7 0,8 0,9	12,4 13,4 15,3 18,2 21,1
Развертывание d≤5 d=6…10 d=11…20 d=21…30 d=31…40	Чугун	ВК8	0,45	2,22	0,6 0,6 0,7 0,8 0,9	12,4 14,4 16,3 19,2 22,1

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ц.1

1	2	3	4	5	6	7
Фрезерование						
торцевой фрезой d=40…60 d=70…160 d=180…280	Сталь	Т15К6	0,2	5	5 6 8	25 39 52
торцевой фрезой d=40…60 d=70…160 d=180…280	Чугун	ВК6	0,32	3,12	5 6 8	25 39 52
цилиндрической фрезой d=90…180 d=190…250	Сталь	Т15К6	0,33	3	6 8	84 112
цилиндрической фрезой d=90…180 d=190…250	Сталь	Р6М5	0,33	3	6 8	84 112
цилиндрической фрезой d=90…180 d=190…250	Чугун	ВК6	0,42	2,38	6 8	94 122
цилиндрической фрезой d=90…180 d=190…250	Чугун	Р6М5	0,25	4	6 8	74 102
дисковой фрезой d=90…110 d=112…170 d=175…200 d=200…250	Сталь	Т15К6	0,35	2,9	5 6 7 8	35 44 53 72
дисковой фрезой d=90…110 d=112…170 d=175…200 d=200…250	Сталь	Р6М5	0,2	5	5 6 7 8	25 34 43 62
дисковой фрезой d=90…110 d=112…170 d=175…200 d=200…250	Чугун	Р6М5	0,15	6,67	5 6 7 8	25 34 43 62
угловой и фасонной фрезой d=30…75 d=80…110	Сталь	Р6М5	0.33	3	6 7	34 53
угловой и фасонной фрезой d=30…75 d=80…110	Чугун	Р6М5	0.15	6.67	6 7	34 53

Витебский государственный технологический университет

Ц.2 Выбор показателей режима строгания

Рекомендуемые значения показателей режима строгания (глубина резания a – в мм, подача S – в мм/ дв. ход и скорость резания V – в м/мин) для предварительного и чистового строгания плоскостей, обработки пазов и отрезке приводятся в таблицах Ц.2.1–Ц.2.7.

Таблица Ц.2.1 – Подача при предварительном строгании плоскостей (Ra = 12,5…25 мкм.)

Обрабатываемый материал	Глубина резания a, мм			
	3–4	5–7	8–11	12
Сталь	1…1,2	0,5…0,7	0,3…0,4	0,15…0,25
Чугун	1,2…1,4	0,9…1,2	0,6…1,0	0,4…0,6
Примечание. Меньшие значения из диапазона подач соответствуют большей глубине резания из диапазона				

Таблица Ц.2.2 – Подача при чистовом строгании плоскостей проходными резцами

Ra, мкм	**Обрабатываемый материал**	**Радиус при вершине r, мм**			**Глубина резания a, мм**
		1	**2**	**3**	
5…10	Сталь и чугун	0,7…0,9	1…1,2	1,2…1,5	до 2
2,5…5	Сталь	0,25…0,4	0,5…0,7	0,7…0,9	до 1
	Чугун	0,35..0,5	0,5…0,8	0,9…1	до 1

Таблица Ц.2.3 – Подача при чистовом строгании плоскостей широкими резцами

Ra, мкм	**Обрабатываемый материал**	**Переходы**	**Глубина a, мм**	**Подача S, мм/ дв.х.**
2,5…5	Чугун	Чистовой	до 2	10…20
0,63…2,5	Чугун	Предварительный	0,15…0,3	10…20
		Окончательный	0,05…0,1	12…16

Таблица Ц.2.4 – Подачи при строгании пазов и отрезке

Обрабатываемый материал	**Ширина резца b, мм**			
	до 5	**5…8**	**8,5…10**	**10,5…15**
Сталь	0,12…0,14	0,15…0,18	0,18…0,20	0,20…0,22
Чугун	0,22…0,27	0,28…0,32	0,32…0,36	0,36…0,4
Примечания: 1. При строгании боковых полок Т-образных пазов подачи уменьшать на 20…25 %. 2. При строгании пазов в отверстиях диаметром до 100 мм резцами на оправке табличные значения подач при длине паза до 100 мм уменьшать на 20 %, до 200 мм – на 40 % и свыше 200 мм – на 60 %.				

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.2.5 – Скорости резания при обработке плоскостей в заготовках из стали резцами из быстрорежущих сталей (Р6М5)

Твердость	Подача мм/дв.х.	Глубина резания до, мм				
		1	1,6	2,8	4,7	8
160…200	до 0,3	48	38	29	12	17
	0,3…1	32	25	19	15	11
	1…1,5	21	17	12,5	9,7	7,5
220…300	до 0,3	40	32	24	18,5	14
	0,3…1	26	21	15,5	12	9
	1…1,5	17	13	10	8	6

Примечания:
1. Табличные значения скорости резания приняты для стойкости Т = 120мин.
2. Для периодов стойкости Т = 60, 180 и 240 мин скорости резания умножать соответственно на 1,1; 0,95 и 0,9.
3. При наличии у поковок или отливок скорость корки резания уменьшать на 20 %.

Таблица Ц.2.6 – Скорости резания при обработке плоскостей в заготовках из чугуна

Твердость	Материал резца	Подача мм/дв.х.	Глубина резания до, мм				
			1	1,6	2,8	4,7	8
до 180	Р5М6	до 0,35	35	27,5	21	16	12
		0,35…1,2	22	17,5	15	10	8
		1,2…1,6	15	12	9	7	5,5
св. 180		до 0,35	26	20,5	15,5	12	9
		0,35…1,2	16	12,5	9,5	7,5	6
		1,2…1,6	11,5	9	7	5,5	4
160…260	ВК8	до 0,35	54	50	46	43	39,5
		0,35…1,2	42,5	39,5	36,5	33,5	31
		1,2…1,6	36	33,5	31	28,5	26,5

Примечания:
1. Табличные значения скорости резания приняты для стойкости Т = 120мин.
2. Для периодов стойкости Т = 60, 180 и 240 мин скорости резания умножать соответственно на 1,1; 0,95 и 0,9.
3. При наличии у поковок или отливок корки скорость резания уменьшать на 20 %.

Таблица Ц.2.7 – Скорости резания при обработке пазов

Обрабатываемый материал	Твердость НВ	Материал резца	Подача, мм/дв.ход			
			0,12	0,21	0,3	0,4
Сталь	160…200	Р6М5	36	25	19,5	16
	220…300		20	14	11	9
чугун	160	Р6М5	20	14	11	9
	200		16	11	9	7
	160	ВК8	35	22,5	17	13,5
	200		28	18	13,5	11

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ц.2.7

Примечания:
1. табличные скорости резания действительны для стойкости T= 120мин. И заготовок из проката или поковок. Для стальных отливок скорость резания уменьшать на 10 %.
2. Для периодов стойкости T = 60, 180 и 240 мин. Скорости резания при обработке стальных заготовок резцом из Р6М5 умножать соответственно на 1,19; 0,9 и 0,84, а при обработке чугуна резцами из Р6М5 – на 1,11; 0,94 и 0,9, а резцами из ВК8–на 1,15; 0,92 и 0,87

При чистовом строгании широкими резцами скорость резания выбирается в пределах 4…10 м/мин. Большие значения выбираются для меньшей площади обрабатываемой плоскости, чтобы обеспечить обработку всей заготовки без смены инструмента.

Ц.3 Режимы резания при сверлении, зенкеровании и развертывании

Показатели режима сверления отверстий можно определить из таблиц Ц.3.1–3.4 Значения подач при сверлении выбираются в зависимости от диаметра сверла, обрабатываемого материала, длины отверстия, вида сверления (сверление или рассверливание) и группы подач. Всего различают три группы подач: I – при сверлении отверстий 14–12 квалитетов точности в жестких деталях; II – при сверлении отверстий 14–12 квалитетов точности в деталях средней жесткости; III – при сверлении точных отверстий под последующую обработку разверткой, или при сверлении в деталях малой жесткости и с неустойчивой опорной поверхностью, или при сверлении отверстий, оси которых не перпендикулярны к входной плоскости, или при сверлении под нарезание резьбы метчиком.

Таблица Ц.3.1 – Подачи при сверлении стали сверлами из Р6М5, мм/об

d	I	II	III
4	0,08…0,10	0,06…0,08	0,04…0,05
6	0,14…0,18	0,11…0,13	0,07…0,09
8	0,18…0,22	0,13…0,17	0,09…0,11
10	0,22…0,28	0,16…0,20	0,11…0,13
13	0,25…0,31	0,19…0,23	0,13…0,15
16	0,31…0,37	0,22…0,27	0,15…0,19
20	0,35…0,43	0,26…0,32	0,18..0,22
25	0,39…0,47	0,29…0,35	0,20…0,24
30	0,45…0,55	0,33..0,41	0,22…0,28
> 30	0,60…0,70	0,45…0,55	0,30…0,35

Глубина сверления	3d	5d	7d	10d
k_s	1,0	0,9	0,8	0,7

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.3.2 – Подачи при сверлении чугуна сверлами из Р6М5, мм/об

d	I	II	III
4	0,11…0,13	0,08…0,10	0,05…0,07
6	0,18…0,22	0,13…0,17	0,09…0,11
8	0,22…0,26	0,16…0,20	0,11…0,13
10	0,28…0,34	0,21…0,25	0,13…0,17
13	0,31…0,39	0,23…0,29	0,15…0,19
16	0,37…0,45	0,27…0,33	0,18…0,22
20	0,43…0,53	0,32…0,40	0,22..0,26
25	0,47…0,57	0,35…0,43	0,23…0,29
30	0,54…0,66	0,40…0,50	0,27…0,33
> 30	0,70…0,80	0,50…0,60	0,35…0,40

Глубина сверления	3d	5d	7d	10d
k_s	1,0	0,9	0,8	0,7

Таблица Ц.3.3 – Скорость резания при сверлении стали сверлами из Р6М5, мм/об

D сверла	Подача S, мм / мин								
	0,1	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88
До 4,6	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11	9,5
До 9,6		32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11
До 20			32	27,5	24	20,5	17,7	15	13
До 30				32	27,5	24	20,5	17,7	15
До 60					32	27,5	24	20,5	17,7
Глубина свер.		3d		5d		7d		10d	
K_L		1,0		0,9		0,8		0,75	

Таблица Ц.3.4 – Скорость резания при сверлении чугуна сверлами из Р6М5, мм/об

D сверла	Подача S, мм / мин								
	0,12	0,20	0,24	0,30	0,40	0,53	0,70	0,95	1,3
До 3,2	31	28	25	22	20	17,5	15,5	14	12,5
До 8		31	28	25	22	20	17,5	15,5	14
До 20			31	28	25	22	20	17,5	15,5
До 30				33	29,5	26	23	21	18
Глубина свер.		3d		5d		7d		10d	
K_L		1,0		0,9		0,8		0,75	

Показатели режима зенкерования и развертывания можно определить из таблиц Ц.3.5…Ц.3.7. Подачи при зенкеровании выбираются из таблицы Ц.3.5 в зависимости от материала заготовки и требований к

Витебский государственный технологический университет

качеству. Группа I применяется для отверстий до 12 квалитета точности или при зенкеровании под последующую обработку зенкером или разверткой. Группа подач II применяется для отверстий с повышенными требованиями к шероховатости, или при зенкеровании отверстий по 8…11-му квалитетам точности, или под нарезание резьбы, или при зенкеровании под последующую обработку одной разверткой. В таблице Ц.3.5 приведены подачи для обработки сквозных отверстий. При зенкеровании (цековании) глухих (полуоткрытых) отверстий рекомендуются подачи 0,3…0,6 мм/об.

Таблица Ц.3.5 – Подачи при зенкеровании стали и чугуна инструментом из Р6М5, мм/об

D зенкера	Сталь		Чугун	
	I	II	I	II
15	0,5…0,6	0,4…0,45	0,7…0,9	0,5…0,7
20	0,6…0,7	0,45…0,5	0,9..0,11	0,6…0,7
25	0,7…0,9	0,5…0,6	1,0…1,2	0,7…0,8
30	0,8…1,0	0,6…0,7	1,1…1,3	0,8…0,9
35	0,9…1,1	0,6…0,7	1,2…1,5	0,9…1,0
40	0,9…1,2	0,7…0,8	1,4…1,7	1,0…1,1
50	1,0…1,3	0,8…0,9	1,6…2,0	1,1…1,3
60	1,1…1,3	0,85…0,9	1,8…2,2	1,2…1,4
80	1,2…1,5	0,9…1,1	2,0…2,4	1,4…1,6

Таблица Ц.3.6 – Скорость резания при зенкеровании стали инструментом из Р6М5, м/мин

D, мм	a, мм	Подача S, мм / мин							
		0,3	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8	2,4
15-35	0,5-1,0	29,5	25,5	22	19	16,4	14,1	12,2	10,5
	1,1-2,0	26	22,5	19,3	16,7	14,4	12,4	10,7	9,3
	>2	23,5	20	17,3	15	12,9	11,1	9,6	8,3
36-80	0,5-1,0	27	23	19,9	17,2	14,8	12,8	11	9,5
	1,1-2,0	23,5	20,5	17,5	15,1	13	11,2	9,7	7,2
	>2	21	18	15,6	13,4	11,6	10	8,6	6,4

Показатели режима развертывания определяются из таблиц Ц.3.8…Ц.3.13. Подачи при развертывании стали и чугуна определяются из таблицы Ц.3.8. В зависимости от условий и требований применяются три группы подач: I – при предварительном развертывании под последующий проход чистовой разверткой, II – при чистовом развертывании за один проход по 8 – 11-му квалитетам точности или с шероховатостью Ra > 2,5 мкм, III – при чистовом проходе после предварительного развертывания отверстий по 7-му квалитету точности или с шероховато-

Витебский государственный технологический университет

стью поверхности Ra < 2,5 мкм. В таблице приведены подачи для обработки сквозных отверстий. При развертывании глухих (полуоткрытых) отверстий рекомендуются подачи в пределах 0,2 – 0,5 мм/об.

Таблица Ц.3.7 – Скорость резания при зенкеровании чугуна инструментом из Р6М5, м/мин

D, мм	a, мм	Подача S, мм / мин							
		0,3	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8	2,4
15-35	0,5-1,0	31	27,5	24,5	22	19,5	17,3	15,4	13,7
	1,1-2,0	29	26	23	20,5	18,2	16,2	14,4	12,8
36-80	1,0-2,0	28	25	22	19,7	17,5	15,5	13,8	12,3
	2,1-3,0	27	24	21	18,8	16,7	14,8	13,2	11,7

Поверхность	Без корки	С литейной коркой
K_V	1,0	0,8

Таблица Ц.3.8 – Подачи при развертывании стали и чугуна инструментом из Р6М5, мм/об

D развертки	Сталь			Чугун		
	I	II	III	I	II	III
До 10	0,8	0,7	0,5	1,7	1,4	1,0
До 15	0,9	0,8	0,6	1,9	1,5	1,2
До 20	1,0	0,8	0,7	2,0	1,7	1,4
До 25	1,1	0,9	0,8	2,2	1,9	1,5
До 30	1,2	1,0	0,8	2,4	1,9	1,5
До 35	1,3	1,0	0,9	2,6	2,0	1,5
До 40	1,4	1,2	1,0	2,7	2,0	1,7
До 50	1,5	1,4	1,2	3,1	2,3	1,9
До 60	1,7	1,5	1,4	3,4	2,6	2,2
До 80	2,0	1,7	1,5	3,8	2,7	2,6

Таблица Ц.3.9 – Скорость резания при предварительном развертывании стали инструментом из Р6М5, м/мин

D разв.	Подача S, мм/об до									
	0,5	0,63	0,80	1,0	1,3	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0
< 20	14,3	13,0	10,6	9,2	7,9	6,8	5,9	5,1	4,4	3,8
> 20	13,0	10,6	9,2	7,9	6,8	5,9	5,1	4,4	3,8	3,3

Таблица Ц.3.10 – Скорость резания при чистовом развертывании стали инструментом из Р6М5, м/мин

Ra , мкм	Скорость резания, м/мин
0,63 … 1,25	2 … 3
1,25 … 2,5	4 …5

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.3.11 – Скорость резания при развертывании чугуна (7 – 9-й квалитет точности и Ra = 0,63–1,25 мкм) инструментом из Р6М5, м/мин

D развёртывания	Подача S, мм/об до								
	0,62	0,79	1,0	1,3	1,6	2,0	2,6	3,3	4,1
< 20	10,4	9,3	8,2	7,3	6,5	5,8	5,1	4,6	4,1
> 20	9,3	8,2	7,3	6,5	5,8	5,1	4,6	4,1	3,6

Таблица Ц.3.12 – Подачи при развертывании конических отверстий в деталях из стали и чугуна инструментом из Р6М5, мм/об

Материал	Обработка	Диаметр предварительно просверленного отверстия, до					
		10	15	20	25	30	40
Сталь	Предв.	0,1	0,15	0,20	0,30	0,40	0,55
	Чист.	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,22

Окончание таблицы Ц.3.12

Чугун серый	Предв.	0,15	0,20	0,22	0,30	0,35	0,40
	Чист.	0,10	0,15	0,18	0,22	0,25	0,30

Таблица Ц.3.13 – Скорости резания при развертывании конических отверстий инструментом из Р6М5, мм/об

Обрабатываемый материал	Характер обработки		Скорость, м/мин
Сталь	Предварительная Чистовая		6,0 4,0
Серый чугун	Предварительная Чистовая		7,0 5,0
Твердость НВ	143…229	170…255	197…269
Поправочный коэф.	1,0	0,89	0,79

Ц.4 Режимы резания при точении, нарезании резьбы резцом, метчиками и плашками, доводке

Таблица Ц.4.1 – Типовые режимы точения стали твердосплавными резцами марки Т15К6

Вид обработки	Параметры режима	Способ обработки		
		Продольное обтачивание	Продольное растачивание	Поперечное точение
Предварительная	a, мм S, мм/об υ, м/мин	3-5 0,3-1,2 100-140	2-4 0,15-0,8 100-140	- 0,05-0,1 100-140
Однократная	a S υ	3-5 0,2-0,6 100-140	2-4 0,1-0,4 100-140	- 0,03-0,08 100-140

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ц.4.1

Чистовая R_a = 6,3	a S	0,5-1 0,25-0,4	0,3-0,8 0,15-0,25	
Ra = 2,5	a S	0,1-0,3 0,1-0,2	0,1-0,25 0,08-0,15	
	υ	150-200	150-200	
Тонкая	a S υ	0,03-0,1 0,08-0,12 150-250	0,03-0,05 0,08-0,12 150-250	

Таблица Ц.4.2 – Точение резьбы

Тип резьбы	Шаг	Материал заготовки	Материал инструмен-та	υ
Наруж-ная	1≤	Сталь –//– чугун –//–	Т15К6 Р6М5 ВК8 Р6М5	126 4 42 20
	1,25-1,75	Сталь –//– чугун –//–	Т15К6 Р6М5 ВК8 Р6М5	111 21 47 24
	2-3	Сталь –//– чугун –//–	Т15К6 Р6М5 ВК8 Р6М5	98 14 51 30
Внутренняя	1≤	Сталь –//– чугун –//–	Т15К6 Р6М5 ВК8 Р6М5	108 21 32 20
	1,25-1,75	Сталь –//– чугун –//–	Т15К6 Р6М5 ВК8 Р6М5	89 18 37 22
	2-3	Сталь –//– чугун –//–	Т15К6 Р6М5 ВК8 Р6М5	77 14 40 26

Скорость резания при обработке сплавом ВК8 чугуна принимается примерно в 1,7–2 раза меньшей. При подрезании торцов скорость резания принимается на 20 % выше, чем при обтачивании. При отрезании детали поперечная подача выбирается в пределах S = 0,05–0,3 мм/об.

Витебский государственный технологический университет

Скорость резания при обработке резанием резцами из быстрорежущей стали Р6М5 выбирается в пределах 25–30 м/мин (для отрезных резцов) и 40–50 м/мин (для фасонных резцов).

При нарезании резьбы резцами продольная подача равна шагу резьбы, а поперечная определяется числом проходов. Скорость резания при нарезании резьбы резцом зависит от шага резьбы, материала режущей части резца и заготовки и типа резьбы (таблица Ц.4.2).

Рекомендуемая скорость резания при нарезании резьбы метчиками и плашками приведена в таблице 4.3. При повышении прочности стальных заготовок и твердости чугунных рекомендуемая скорость резания уменьшается на 20–30 %.

При доводке скорость вращения заготовки выбирается в зависимости от ее вида. При предварительной доводке υ = 40…100 м/мин; при чистовой – 15…30 м/мин; при тонкой – 5…10 м/мин. Скорость продольного перемещения притира выбирается в пределах 0,15…0,3 от скорости рабочего движения.

Таблица Ц.4.3 – Нарезание резьб метчиками и плашками

Диаметр резьбы	υ,м/мин при шаге S мм					
	0,75	1	1,25	1,5	2	3
3-6	9	8	-	-	-	-
8-10	12	11	11	10	-	-
12-16	16	16	15	14	12	-
18-24	28	18	16	15	13	12
27 и больше	20	20	18	16	14	13

Ц. 5 Показатели режима резания при растачивании

Подачи и скорости при растачивании выбираются по таблицам Ц.5.1-Ц.5.6.

Таблица Ц.5.1 – Подачи при растачивании

Радиус при вершине резца, мм	Ra								
	6,3-12,5			3,2-6,3			1,6-3,2		
	Пределы скорости резания V, м/мин								
	30-50	50-100	св.100	30-50	50-100	св.100	30-50	50-100	св.100
	Подача, мм/об								
0,5	0,21-0,31	0,31-0,40	0,35-0,40	0,12-0,16	0,16-0,25	0,25-0,28	0,08	0,08-0,13	0,13-0,15
1,0	0,31-0,40	0,40-0,45	0,40-0,45	0,15-0,22	0,22-0,35	0,28-0,31	0,10-0,11	0,11-0,17	0,17-0,21
2,0	0,40-0,50	0,50	0,50	0,21-0,31	0,31-0,40	0,35-0,40	0,11-0,15	0,15-0,22	0,22-0,27

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.5.2 – Подачи и скорости резания при грубой обработке без корки серого чугуна $H_Б$ = 160–180 без охлаждения резцами из твердого сплава ВК8

Подача, мм/об	Глубина резания, мм				
	3	5	8	12	16
	Скорость резания, мм/мин				
0,15	94	88	83	79	75
0,20	88	83	78	74	71
0,25	85	79	74	71	68
0,30	81	76	72	68	65
0,40	77	72	62	59	56
0,50	70	63	58	53	50
0,60	65	59	53	50	47

Таблица Ц.5.3 – Подачи и скорости резания при получистовой обработке серого чугуна $H_Б$ = 160–180 без охлаждения резцами из твердого сплава ВК8

Подача, мм/об	Глубина резания, мм			
	1,0	1,5	2,0	2,5
	Скорость резания, м/мин			
0,10	117	112	107	104
0,15	108	104	99	97
0,20	102	98	93	91
0,25	97,5	93	89	87
0,30	94,0	90	86	84
0,40	89,0	85	82	79

Примечания:

1. В зависимости от диаметра и длины оправки или расточной скалки значения скорости резания следует умножить на поправочные коэффициенты, указанные в приводимой выше таблице.

2. В зависимости от механических свойств обрабатываемого материала, характера заготовки и других условий работы значение скорости резания нужно умножить на коэффициенты, указанные в таблицах 6.4–6.6

Таблица Ц.5.4 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от размера оправки при работе резцами, оснащенными твердым сплавом

	Вылет оправки, мм до					
	150	200	300	400	500	600
	Поправочные коэффициенты на скорость резания					
30	0,45	0,40	0,35	–	–	–
40	0,55	0,45	0,40	0,35	–	–
50	0,60	0,50	0,45	0,40	0,35	–
60	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ц.5.4

70	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
80	0,75	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
90	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55	0,50
100	1,0	0,85	0,75	0,70	0,60	0,55

Таблица Ц.5.5 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	Механические свойства		Поправочные коэффициенты на скорость резания
	предел прочности при растяжении $\sigma_в$ в $кг/мм^2$	твердость по Бринелю $Н_Б$	
Углеродистые стали	30-40	–	1,90
	40-50	–	1,70
	50-60	–	1,31
	60-70	–	1,00
Чугун серый	–	140-160	1,50
	–	160-180	1,25
	–	180-200	1,00

Таблица Ц.5.6 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от характера заготовки и состояния ее поверхности

Обработка без корки (сталь, стальное литье, чугун)	Обработка по чистой корке (сталь, стальное литье, чугун)	Обработка по загрязненной корке с литейными включениями или после автогенной резки (стальное литье, чугун)
Поправочные коэффициенты на скорость резания		
1,0	0,80	0,55

Ц.6 Показатели режима резания при фрезеровании

Показателями режима резания при фрезеровании являются:

1) глубина резания *а*, которая для всех видов фрез, кроме торцовых, измеряется в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы (у торцовых фрез глубина резания измеряется в направлении оси фрезы); ширина фрезерования *в*, которая для всех фрез, кроме торцевых, измеряется в направлении оси фрезы, а торцовых соответствует ширине обрабатываемой плоскости;

2) скорость подачи $S_м$, мм/мин; в справочниках обычно рекомендуется подача S_z – на один зуб фрезы (при предварительной обработке) или S_o – на один оборот фрезы;

3) частота вращения шпинделя n, об/мин; в справочнике обычно задается скорость резания υ, м/мин.

Все виды подач связаны между собой следующими выражения-

Витебский государственный технологический университет

ми: $S_o = S_z \cdot Z$; $S_м = n \cdot S_o = n \cdot Z \cdot S_z$, где Z – число зубьев фрезы. Частота вращения может быть найдена из выражения $n = 1000\upsilon / \pi D$, где D – диаметр фрезы.

Показатели режима фрезерования стальных заготовок приведены в таблицах Ц.6.1…Ц.6.5.

Таблица Ц.6.1 – Подачи на зуб при обработке фрезами из быстрорежущей стали

Типы фрез	Глубина фрезерования а, мм						
	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-15	15-30
Торцовые	0,15	0,12	0,085	0,055	0,050	0,045	–
Дисковые			0,08	0,06	0,04	0,03	0,02
Концевые							
D = 4…6	0,020	0,015	0,01	–	–	–	–
D = 6…8	0,035	0,025	0,02	0,015	–	–	–
D = 8…10	0,05	0,035	0,03	0,025	0,02	–	–
D = 10…15	0,065	0,060	0,045	0,035	0,025	0,020	–
D = 15…20	0,080	0,07	0,055	0,045	0,03	0,025	–
D = 20…30	0,090	0,075	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
D = 30…40	0,110	0,09	0,07	0,055	0,05	0,04	0,03
Угловые и фасонные							
D = 40	–	0,07	0,055	0,045	0,030	–	–
D = 50	–	0,08	0,060	0,045	0,030	–	–
D = 60	–	0,09	0,065	0,050	0,040	0,035	–
D = 75	–	0,10	0,070	0,060	0,050	0,040	–
D = 90	–	0,10	0,075	0,070	0,060	0,055	–
При обработке чугуна и бронзы табличные значения подачи следует увеличить в 1,5 раза. При ширине фрезерования B > 0,75D табличные значения подачи следует уменьшить на 30 %. При обработке стали фрезами с пластинами из Т15К6 значения подач следует уменьшить в 2 раза							

Таблица Ц.6.2 – Подачи на зуб при фрезеровании шпоночными фрезами

Диаметр фрезы	Маятниковое фрезерование		За 1 проход
	Глубина а, мм	S_z	
6	0,3	0,1	0,02
8	0,3	0,12	0,022
10	0,3	0,16	0,024
12	0,3	0,18	0,026
18	0,4	0,22	0,028
20	0,4	0,25	0,030

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.6.3 – Подачи на зуб при фрезеровании шпоночных сегментных пазов

Диаметр фрез	25			32 – 35			38		
Число зубьев	8			10			10		
Ширина фрезы	4	5	6	5	6	8	6	8	10
S_z	0,015	0,01	0,007	0,01	0,007	0,005	0,007	0,005	0,003

Таблица Ц.6.4 – Подачи на 1 оборот при чистовом фрезеровании плоскостей и уступов

Ra, мкм	Твердосплавные	Из быстрорежущей стали
6,3	–	0,6
3,2	0,32	0,45
1,6	0,20	0,32
0,8	0,15	–
0,4	0,10	–

Скорость резания определяется по формуле

$$\upsilon = \upsilon_o \left(\frac{D}{D_o}\right)^{0,2} \left(\frac{a_o}{a}\right)^{0,15} \left(\frac{S_{zo}}{S_z}\right)^{0,3}; \qquad (Ц.1)$$

где υ – скорость резания; D – диаметр фрезы; a – глубина фрезерования; S_z – подача на зуб; индекс *o* указывает на табличное значение соответствующего показателя.

Таблица Ц.6.5 – Табличные значения показателей

Тип фрезы	D_o	a_o	S_{zo}	υ_o	
				Т15К6	Р6М5
Торцовая	150	6	0,08	300	50
Дисковая	60	6	0,08	250	50
Концевая	20	6	0,08	200	48

Ц.7 Показатели режима резания при шлифовании

Особенностью врезного и многопроходного шлифования является переменность производительности процесса удаления материала (съема припуска) в течение времени (цикла) обработки одной заготовки. Производительность изменяется вследствие изменения поперечной (вертикальной) подачи *s* и упругой деформации системы СПИД (под действием силы P_y).

Закон изменения поперечной подачи будем называть алгоритмом управления съемом припуска. Наиболее часто в практике применяется

Витебский государственный технологический университет

ступенчатый алгоритм управления съемом припуска (СТАЛ), который состоит из ряда подач, последовательно уменьшающихся от начала цикла съема припуска к его концу. Для круглого врезного шлифования наиболее общий СТАЛ показан на рисунке Ц.1. Он включает подачу s_{11} в течение времени t_{11} (этап ускоренного врезания), подачу s_1 в течение времени t_1 (этап предварительного шлифования), подачу s_2 в течение времени t_2 (чистовое шлифование) и подачу s_3, чаще всего равную нулю, в течение времени t_3 (этап выхаживания).

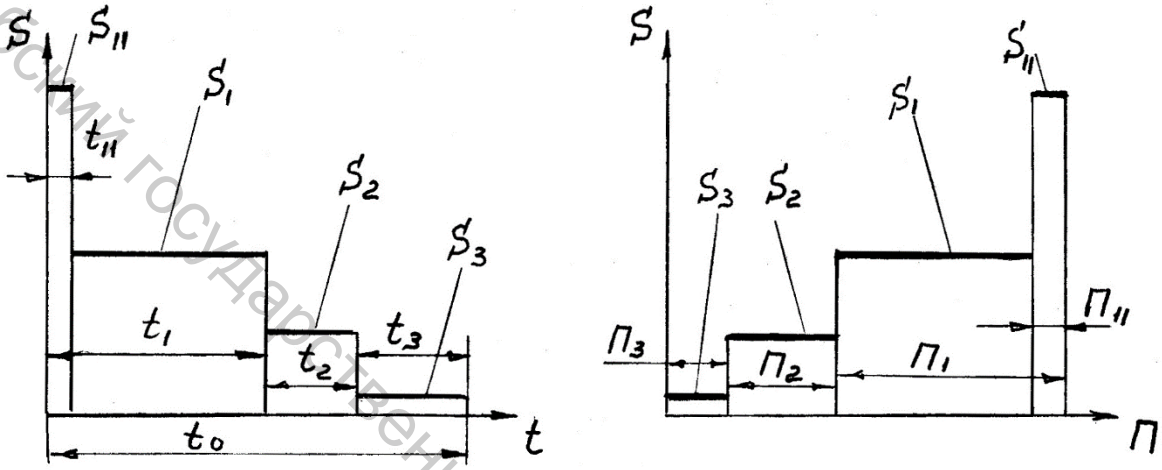


Рисунок Ц.1 – Схема изменения подачи в СТАЛП круглого врезного шлифования

Вследствие упругой деформации (*y*) технологической системы под действием радиальной силы P_y производительность шлифования Q изменяется за время цикла обработки не так, как меняется подача *s* (рисунок Ц.1), то есть имеют место переходные процессы, когда при постоянной подаче производительность Q изменяется. Закон изменения Q на каждом этапе можно установить путем решения дифференциального уравнения баланса скоростей.

Рекомендуемые показатели режима шлифования и получаемые при этом показатели качества шлифованной поверхности приведены в таблице Ц.7.1. Ниже приведены алгоритмы расчета показателей режима шлифования для различных методов шлифования.

Алгоритм Ц.7.1. *Круглое наружное врезное шлифование.*

Исходные данные:

1) для детали:

– диаметр шлифуемой поверхности d , мм;

– допуск на диаметр шлифуемой поверхности $T(d)$, мм;

Витебский государственный технологический университет

– показатель шероховатости шлифуемой поверхности *Ra* , мкм;
– длина шлифуемой поверхности $B_д$, мм;
– твердость шлифуемой поверхности $H_д$, (HRC);
– группа материала заготовки *Гм*;
– материал заготовки;
– общий припуск $П_о$, мм.

Таблица Ц.7.1 – Показатели режима шлифования и качества обработки

Код способа и вида шлифования	Показатели режима шлифования			Показатели качества шлифованной поверхности	
	$s_{рад}$, мкм / проход или оборот заг.	$S_{поп}$, мм / ход или мм / оборот заг.	$v_{прод}$, м / мин	Квалитет точности размера	Показатель шероховатовасти ***Ra***
КНП-п	10…25	(0,3…0,7)Н	12…25	8…9	2,5…6,3
КНП-ч	5…15	(0,2…0,4)Н	15…55	6…7	0,2…1,25
КНП-т	2…5	(0,1…0,7)Н	10…20	5…6	0,05…0,32
КНВ-п	2,5…8	–	30…50	8…9	2,5…6,3
КНВ-ч	1…5	–	20…40	6…7	0,2…1,25
КНВ-т	0,2…0,6	–	15…30	5…6	0,05…0,32
КВП-п	5…20	(0,4…0,7)Н	20…40	8…9	3,2…6,3
КВП-ч	2,5…10	(0,25…0,4)Н	20…40	6…7	0,32…1,6
КВП-т	1…3	(0,1…0,2)Н	20…40	5	0,08…0,32
КВВ-п	1,5…6	–	30…50	8…9	3,2…6,3
КВВ-ч	0,6…1,5	–	30…50	6…7	0,32…1,6
КВВ-т	0,2…0,5	–	30…50	5	0,08…0,32
ППП-п	15…40	(0,4…0,7)Н	8…30	8…10	1,6…6,3
ППП-ч	5…15	(0,2…0,4)Н	15…20	6…7	0,32…1,6
ППП-т	2…5	(0,1…0,2)Н	15…25	5…6	0,06…0,32
ПВП-п	8…20	–	10…30	8…10	1,6…6,3
ПВП-ч	1,5…6	–	15…25	6…7	0,32…1,6
ПВП-т	0,3…1	–	10…30	5…6	0,06…0,32

Примечание. Коды способов шлифования: КНП – круглое наружное с продольной подачей в долях ширины Н шлифовального круга; КНВ – круглое наружное врезное; КВП – круглое внутреннее с продольной подачей; КВВ – круглое внутреннее врезное; ППП – плоское с поперечной подачей периферией круга; ПВП – плоское врезное периферией шлифовального круга. Коды способов шлифования: п – предварительное; ч – чистовое; т – тонкое (отделочное).

Витебский государственный технологический университет

2) для станка и инструмента:

– модель станка

– максимальные габаритные размеры шлифуемых деталей ($d_г$ и $L_г$), мм;

– диапазон скоростей продольной подачи ($s_{пр·min}$ и $s_{пр·max}$), мм/с;

– диапазон скоростей радиальной подачи ($s_{р·min}$ и $s_{р·max}$), мм/с;

– диапазон диаметров шлифовального круга ($D_{кр.max}$ и $D_{кр.min}$), мм

– фактический диаметр шлифовального круга $D_{кр·ф}$, мм;

– частота вращения шлифовального круга $n_{кр}$, 1/мин;

– ширина шлифовального круга $B_{кр}$, мм;

– код твердости шлифовального круга $H_{кр}$;

– жесткость технологической системы j, Н/мм;

– допустимая удельная радиальная сила $p_{уд}$., Н/мм

Порядок вычислений:

1. Скорость шлифования $v_к$: $v_к = \pi \cdot D_{кр.ф} \cdot n_{кр} / 60000$, м/с.

2. Скорость детали $v_д$: $v_д = v_к \cdot (1{,}05 - 0{,}015 \cdot v_к + 0{,}0125 \cdot H_д)$, м/мин.

3. Частота вращения детали $n_д = 1000 \cdot v_д / (\pi \cdot d)$, 1/мин.

4. Скорость подачи правки s_a : $s_a = 0{,}009 \cdot v_к \cdot Ra$, м/мин.

5. Глубина при правке $a_{пр}$: $a_{пр} = 0{,}025 \cdot \sqrt{Ra}$, мм.

6. Табличный коэффициент режущей способности $K_{р.таб}$ мм^3/(с Н); см таблицу Ц.7.2.

Таблица Ц.7.2 – Значения $K_{рсм}$ мм^3 / (с Н)

Обрабатываемый материал	Шлифовальные круги	Круглое шлифование	Плоское шлифование	Внутреннее шлифование
Углеродистые стали	Электрокорундовые, на керамической связке, твердостью СМ1 и СМ2	0,5	1,1	1,2
Легированные стали	Те же	0,31	0,82	0,95
Чугун	Круги из карбида кремния	–	0,6	0,75
Быстрорежущие стали	Те же	0,1	0,21	–
	Эльборовые на бакелитовой связке	0,08	0,18	–
	Алмазные на бакелитовой связке	0,02	0,03	–

7. Коэффициент влияния скорости шлифования K_V :

при $Гм = 1$ $K_V = 1 + (v_к - 35)/(22{,}5 + 0{,}75 \cdot v_к)$;

Витебский государственный технологический университет

при $Гм = 2$ $\quad K_V = \sqrt{2{,}575 - 0{,}045 \cdot v_к}$.

8. Коэффициент влияния твердости шлифовального круга $К_н$:

$K_H = 1 - (H_к - 3)/(4 + 0{,}3 \cdot H_к)$; где

Твердость шлифовального круга	М3	СМ1	СМ2	С1	С2	СТ1
Код твердости $H_к$	1	2	3	4	5	6

9. Коэффициент влияния скорости подачи при правке $K_{пр}$:

$K_{пр} = s_a^2/(0{,}028 + 0{,}75 \cdot s_a^2)$.

10. Коэффициент влияния диаметра шлифуемой поверхности K_d:

$K_d = 0{,}825 + 0{,}0045 \cdot d$.

11. Фактический коэффициент режущей способности K_p:

$K_p = K_{p.T} \cdot K_V \cdot K_H \cdot K_{пр} \cdot K_d \cdot K_м$, мм^3/(с Н); $\quad K_м$ из таблицы Ц.7.3.

Таблица Ц.7.3 – Определение коэффициента $К_м$

Материал детали	Гм	$K_м$	Материал детали	Гм	$K_м$
Сталь 30…50	1	1,4	Сталь ШХ15	2	1
Сталь 45ХН	1	1,25	Сталь 38ХГСА	2	0,9
Сталь 30Х…45Х	1	1,3	Сталь 40ХНМА	2	0,85
Сталь 50Г	1	1,5	Сталь 18ХГТ	2	0,95
Сталь 33ХС…40ХС	1	1,1			

12. Относительный коэффициент режущей способности *k:*

$k = K_p \cdot j/(\pi \cdot d \cdot B_д)$, 1/с.

13. Припуски на предварительное ($П_1$), чистовое ($П_2$) и отделочное ($П_3$) шлифование $П_1$ = (0,5…0,6) $П_о$; $П_2$ = (0,4…0,3) $П_о$; $П_3$ = (0,05…0,1) $П_о$.

14. Максимально допустимая упругая деформация y_m:

$y_m = 0{,}04 + T(d)/(0{,}5 + 3 \cdot T(d))$, мм.

проверка правильности распределения припуска по этапам:

$y_m < 0{,}6 \cdot (П_2 + П_3)$, если неравенство не соблюдается, то увеличивают припуски $П_2$ и $П_3$ за счет уменьшения $П_1$.

15. Скорость предварительной радиальной подачи s_1:

$s_1 = 60 \cdot k \cdot y_m$, мм/мин;

проверка подачи по допустимой удельной радиальной силе $p_{уд}$:

$s_1 < 60 \cdot p_{уд} \cdot k \cdot B_д / j$; если неравенство не соблюдается, то уменьшают подачу s_1.

16. Скорость врезной подачи s_{11} : $s_{11} = 4\, s_1$;

проверка выбора подачи s_{11}; назначается доля припуска $П_{11}$, которая удаляется во время врезания $К_п = П_{11}/П_1$, затем вычисляется зна-

Витебский государственный технологический университет

чение параметра $Z : Z = k \cdot K_{\text{п}} \cdot П_1 / s_1$; по таблице Ц.7.4 определяется соответствующее значение $K_{\text{s}} : K_{\text{s}} = s_{11} / s_1$; если $K_{\text{s}} > 4$, то принимаем $s_{11} = 4\ s_1$, если нет, то принимаем $s_{11} = K_{\text{s}}\ s_1$; затем проверяется соблюдение неравенства : $s_{11} < s_{p \cdot max}$;

Таблица Ц.7.4 – Значение K_s

Z	K_s	Z	K_s	Z	K_s	Z	K_s
0,3862	2,00	0,2694	2,55	0,2073	3,10	0,1686	3,65
0,3715	2,05	0,2623	2,60	0,2030	3,15	0,1658	3,70
0,3579	2,10	0,2555	2,65	0,1990	3,20	0,1630	3,75
0,3452	2,15	0,2490	2,70	0,1951	3,25	0,1604	3,80
0,3334	2,20	0,2429	2,75	01913	3,30	0,1579	3,85
0,3225	2,25	0,2371	2,80	0,1877	3,35	0,1554	3,90
0,3122	2,30	0,2315	2,85	0,1842	3,40	0,1530	3,95
0,3026	2,35	0,2262	2,90	0,1808	3,45	0,1507	4,00
0,2935	2,40	0,2212	2,95	0,1776	3,50	0,1484	4,05
0,2850	2,45	0,2163	3,00	0,1745	3,55	0,1462	4,10
0,2770	2,50	0,2117	3,05	0,1715	3,60	0,1441	4,15

17. Скорости чистовой и отделочной радиальных подач:

$s_2 = 0{,}4\ s_1$; $s_3 = 0{,}1\ s_1$; проверяем $s_3 > s_{p.\min}$.

18. Время на врезание t_{11} определяется из выражения:

$t_{11} = (-\ln(1 - s_1 / s_{11})) / k$.

19. Часть припуска $П_{11}$, удаленная за время врезания, определяется из выражения $П_{11} = s_{11} \cdot (t_{11} - (1 - \exp(-k \cdot t_{11})) / k)$.

20. Припуск $П_{1\text{о}}$, оставшийся после врезания для удаления на первом этапе, будет $П_{1\text{о}} = П_1 - П_{11}$.

21. Время, затраченное на удаление этой части припуска, определяется из выражения $t_{1\text{о}} = П_{1\text{о}} / s_1$.

22. Время t_2, затраченное на выполнение чистового этапа, определяется из уравнения $t_2 = (П_2 - (s_1 - s_2) \cdot (1 - \exp(-k \cdot t_2)) / k) / s_2$; но это уравнение можно разрешить только численно методом итерации (повторения);

начальное значение t_2 будет $t_{20} = (П_2 - (s_1 - s_2) / k) / s_2$; и далее

$t_{2i} = (П_2 - (s_1 - s_2) \cdot (1 - \exp(-k \cdot t_{2(i-1)})) / k) / s_2$; итерации продолжаются, пока $abs(t_{2i} - t_{2(i-1)}) < 0{,}05$; abs – абсолютное значение.

23. К концу чистового этапа рабочего цикла линейная скорость v_{r2} удаления припуска будет $v_{r2} = s_1 \cdot \exp(-k \cdot t_2) + s_2 (1 - \exp(-k \cdot t_2))$.

24. Время t_3, затраченное на третий этап, можно определить по уравнению $t_3 = (П_3 - (v_{r2} - s_3) \cdot (1 - \exp(-k \cdot t_3)) / k) / s_3$; определяется ме-

Витебский государственный технологический университет

тодом итерации аналогично пункту 22; начальное значение t_{3o} определяется по выражению $t_{3o} = (П_3 - (v_{r2} - s_3)/k)/s_3$.

25. Основное время $t_o : t_o = t_{11} + t_{1o} + t_2 + t_3$.

Если ширина шлифуемой поверхности $B_д$ больше ширины шлифовального круга $B_{кр}$, но меньше $3B_{кр}$, то можно применить последовательно-врезное шлифование, схема которого показана на рисунке Ц.2. Если $B_д$ > 3 $B_{кр}$, то применяется круглое наружное шлифование с продольной подачей и поперечной подачей на каждый или двойной ход стола. Первый вариант применяется при шлифовании открытых поверхностей, а второй – полуоткрытых.

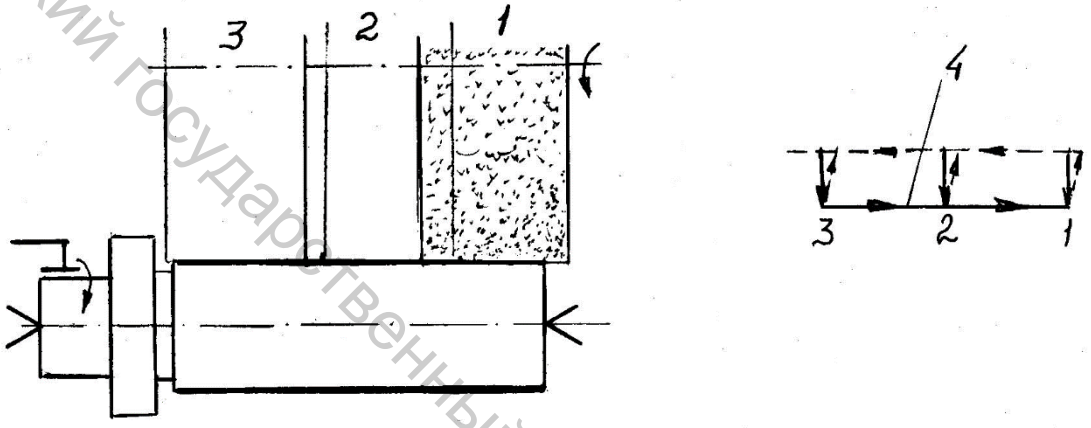


Рисунок Ц.2 – *Схема последовательно-врезного шлифования*

Алгоритм Ц.7.2 *Круглое наружное продольное шлифование с радиальной подачей на каждый ход.*

Исходные данные

Те же, что и для круглого наружного врезного шлифования.

Порядок вычислений:

Шаги 1, 2 и 3 те же, что и для круглого наружного врезного шлифования.

Скорость подачи и глубину при правке (см. шаги 4 и 5) увеличить в 1,5 раза.

Табличный коэффициент режущей способности (см. шаг 6) уменьшить в 1,2 раза.

Шаги 7, 8, 9, 10, и 11 те же, что и для круглого наружного врезного шлифования.

12. Принимаем продольную подачу $s_{пр.о}$, мм/об. заг. согласно модели

$$s_{пр.о} = 0{,}7 \cdot B_{кр} \cdot (0{,}02 + T(d)/(0{,}045 + 0{,}5 \cdot T(d));$$

Проверяем выбранную продольную подачу по станку

Витебский государственный технологический университет

$$s_{пр.\min} < s_{пр.о} \cdot n_д < s_{пр.\max}.$$

Относительную упругую деформацию Y и параметры α и γ определяем по моделям

$$Y = s_{пр.о} \cdot \nu_д / (j \cdot K_p); \quad \alpha = Y/(1+Y); \quad \gamma = (1+Y)/(1+2 \cdot Y).$$

Шаги 13, и 14 те же, что и для круглого наружного врезного шлифования.

15. Предварительная радиальная подача s_1 мм/проход:

$s_1 = y_m / Y$; проверка по $p_{уд}$ $s_1 < p_{уд} \cdot s_{пр.о} / (j \cdot Y)$.

16. Подача на врезание перед первым проходом s_{11} мм

$s_{11} = s_1 \cdot (1+Y)$; проверка $s_{11} < s_{p.\max}$.

17. Чистовая и отделочная радиальная подачи

$s_2 = 0{,}4\ s_1$; $s_3 = 0{,}1\ s_1$; проверка $s_3 > s_{p.\min}$.

18. Число проходов i_1 предварительного этапа рабочего цикла

$i_1 = П_1 / s_1$; полученное значение округляется до ближайшего целого i_{1c}.

19. Фактически удаленная на первом этапе рабочего цикла часть припуска определяется согласно модели $П_{1c} = s_1 \cdot i_{1c}$.

20. Число проходов i_2, затраченное на второй этап рабочего цикла, определяется последовательным перебором: сначала определяется начальное значение $i_{2н} = [П_2 - Y \cdot (s_1 - s_2)] / s_2$; полученное значение округляется до ближайшего целого i_{2c}, затем вычисляется припуск, снятый за это число проходов согласно модели $П_{2c} = s_2 \cdot i_{2c} + Y \cdot (s_1 - s_2) \cdot (1 - \alpha^{i_{2c}})$; если $П_{2c} < П_2$, то принимаем $i_{2c} := i_{2c} + 1$ и повторяем определение $П_{2c}$ до тех пор, пока не будет выполнено неравенство $П_{2c} > П_2$; выбирается то значение i_{2c}, которое обеспечивает минимальную разницу между $П_{2c}$ и $П_2$.

21. Часть припуска, которая удаляется на втором этапе рабочего цикла, определяется согласно модели $П_{2c} = s_2 \cdot i_{2c} + Y \cdot (s_1 - s_2) \cdot (1 - \alpha^{i_{2c}})$, где i_{2c} –окончательно выбранное значение числа проходов на втором этапе.

22. Конечное значение глубины шлифования $a_{2к}$ для второго этапа рабочего цикла, определяется согласно модели $a_{2o} = s_2 \cdot (1 - \alpha^{i_{2c}}) + s_1 \cdot \alpha^{i_{2c}}$.

23. Часть припуска, оставшаяся на третий этап рабочего цикла определяется согласно модели $П_{3o} = П_o - П_{1c} - П_{2c}$.

24. Число проходов i_3, затраченное на третий этап рабочего цикла, определяется так же, как и для второго этапа, однако начальное значение i_3 определяется согласно модели $i_{3н} = [П_{3o} - Y \cdot (s_2 - s_3)] / s_3$; полу-

Витебский государственный технологический университет

ченное значение округляется до ближайшего целого i_{3c}; а часть припуска, удаленная на третьем этапе, определяется согласно модели $П_{3c} = s_3 \cdot i_{3c} + Y \cdot (a_{2o} - s_3) \cdot (1 - \alpha^{i_{3c}})$.

25. Часть припуска, удаленная на третьем этапе рабочего цикла, определяется согласно модели $П_{3c} = s_3 \cdot i_{3c} + Y \cdot (a_{2o} - s_3) \cdot (1 - \alpha^{i_{3c}})$, где i_{3c} – окончательно выбранное число проходов третьего этапа.

26. Погрешность шлифования определяется согласно модели $\Delta П = П_{3o} - П_{3c}$, должна быть меньше $T(d)$.

27. Время на один проход $t_{1.пр}$ $t_{1.пр} = (B_д + B_к)/(s_{пр.o} \cdot n_д)$.

28. Основное время t_o $t_o = t_{1.пр} \cdot (i_{1c} + i_{2c} + i_{3c})$.

Алгоритм Ц.7.3 *Круглое наружное продольное шлифование с радиальной подачей на двойной ход.*

Исходные данные

Те же, что и для круглого наружного врезного шлифования.

Порядок вычислений:

Шаги 1, 2 и 3 те же, что и для круглого наружного врезного шлифования.

Скорость подачи и глубину при правке (см. шаги 4 и 5) увеличить в 1,5 раза.

Табличный коэффициент режущей способности (см. шаг 6) уменьшить в 1,2 раза.

Шаги 7, 8, 9, 10, и 11 те же, что и для круглого наружного врезного шлифования.

12. Принимаем продольную подачу $s_{пр.o}$, мм/об. заг. согласно модели

$s_{пр.o} = 0{,}5 \cdot B_{кр} \cdot (0{,}2 + T(d)/(0{,}045 + 0{,}5 \cdot T(d))$.

Проверяем выбранную продольную подачу по станку

$s_{пр.\min} < s_{пр.o} \cdot n_д < s_{пр.\max}$.

Относительную упругую деформацию Y и параметры α и γ определяем по моделям

$Y = s_{пр.o} \cdot v_д / (j \cdot K_p)$; $\alpha = Y/(1+Y)$; $\gamma = (1+Y)/(1+2 \cdot Y)$.

Шаги 13 и 14 те же, что и для круглого наружного врезного шлифования.

15. Предварительная радиальная подача s_1 мм/дв. ход

$s_1 = y_m \cdot (1+2Y)/(Y \cdot (1+Y)) = y_m/(Y \cdot \gamma)$;

проверка по $p_{уд}$ $y_m < p_{уд} \cdot s_{пр.o} / j \cdot$

Витебский государственный технологический университет

16. Подача на врезание перед первым проходом s_{11}, мм

$s_{11} = y_m \cdot (1+Y)/Y$; проверка $s_{11} < s_{p.\max}$

17. Чистовая и отделочная радиальная подачи

$s_2 = 0{,}4\, s_1$; $s_3 = 0{,}1\, s_1$; проверка $s_3 > s_{p.\min}$.

18. Число двойных ходов i_1 предварительного этапа рабочего цикла

$i_1 = П_1 / s_1$;

полученное значение округляется до ближайшего целого i_{1c}.

19. Фактически удаленная на первом этапе рабочего цикла часть припуска определяется согласно модели $П_{1c} = s_1 \cdot i_{1c}$.

20. Число двойных ходов i_2 на втором этапе рабочего цикла определяется так же, как для случая радиальной подачи на каждый проход, но начальное значение $i_{2н}$ определяем из модели

$i_{2н} = [П_2 - Y \cdot (s_1 \cdot \alpha - s_2)/(1+\alpha)]/s_2$;

полученное значение i_2 округляется до ближайшего целого $i_{2.c}$, а припуск $П_{2c}$ определится по модели

$$П_{2c} = s_2 \cdot i_{2c} + Y \cdot \frac{(1-\alpha^{2i_{2c}})}{(1+\alpha)} \cdot (s_1 \cdot \alpha - s_2).$$

21. Удаленный на втором этапе припуск $П_{2c}$ определится по модели

$$П_{2c} = s_2 \cdot i_{2c} + Y \cdot \frac{(1-\alpha^{2i_{2c}})}{(1+\alpha)} \cdot (s_1 \cdot \alpha - s_2),$$ где $i_{2.c}$ окончательно принятое значение числа двойных ходов на этом этапе рабочего цикла.

22. Припуск, оставшийся на третий этап рабочего цикла $П_{3о}$:

$П_{3o} = П_o - П_{1c} - П_{2c}$.

23. Глубина шлифования для обратного хода в конце второго этапа a_{2o}:

$a_{2o} = [s_1 \cdot \alpha^{1+i_{2c}} + s_2 \cdot (1-\alpha^{i_{2c}})]/(1+\alpha)$.

24. Число двойных ходов i_3 на третьем этапе рабочего цикла определяем так же, как для второго, но начальное значение $i_{3н}$ определяется по модели $i_{3н} = \{П_{3o} - Y \cdot [a_{2o} - s_3/(1+\alpha)]\}/s_3$; полученное значение i_3 округляется до ближайшего целого i_{3c}, а припуск $П_{3с}$ определяется согласно модели $П_{3c} = s_3 \cdot i_{3c} + Y \cdot (1-\alpha^{2i_{3c}}) \cdot [a_{2o} - s_3/(1+\alpha)]$;

25. Удаленный на третьем этапе рабочего цикла припуск $П_{3с}$ определяется по модели $П_{3c} = s_3 \cdot i_{3c} + Y \cdot (1-\alpha^{2i_{3c}}) \cdot [a_{2o} - s_3/(1+\alpha)]$, где i_{3c} – окончательно выбранное значение числа двойных ходов третьего этапа.

Витебский государственный технологический университет

26. Погрешность шлифования определяется согласно модели $\Delta П = П_{3o} - П_{3c}$, должна быть меньше $T(d)$.

27. Время на один двойной ход $t_{1.пр}$ $t_{1.пр} = (2 \cdot B_д + B_к)/(s_{пр.о} \cdot n_д)$.

28. Основное время t_o : $t_o = t_{1.пр} \cdot (i_{1c} + i_{2c} + i_{3c})$.

Алгоритм Ц.7.4 *Внутреннее врезное шлифование*

Смотри алгоритм Ц.7.1.

Алгоритм Ц.7.5 *Внутреннее продольное шлифование с радиальной подачей на каждый ход.*

Смотри Ц.7.2.

Алгоритм Ц.7.6. *Внутреннее продольное шлифование с радиальной подачей на двойной ход.*

Смотри алгоритм Ц.7.3.

Алгоритм Ц.7.7. *Плоское врезное шлифование с вертикальной подачей на каждый ход.*

Исходные данные:

1. Для детали:

– длина шлифуемой поверхности $L_д$, мм;

– ширина шлифуемой поверхности $B_д$, мм;

– высота шлифуемой детали $H_д$, мм;

– допуск на выдерживаемый размер $T(H_д)$, мм;

– показатель шероховатости шлифуемой поверхности Ra , мкм;

– твердость шлифуемой поверхности $HR_д$, (HRC);

– группа материала заготовки $Гм$;

– материал заготовки;

– общий припуск $П_o$, мм.

2. Для станка и инструмента:

– модель станка

– максимальные габаритные размеры шлифуемых деталей ($L_г$, $B_г$ и $H_г$), мм;

– диапазон скоростей стола (продольная подача) ($V_{\min}$ и $V_{\max}$), м/мин;

– диапазон скоростей поперечной подачи ($s_{non \cdot min}$ и $s_{non \cdot max}$), мм/ход;

– диапазон скоростей вертикальной подачи ($s_{в \cdot min}$ и $s_{в \cdot max}$), мм/с;

– диапазон диаметров шлифовального круга ($D_{кр.max}$ и $D_{кр.min}$), мм

– фактический диаметр шлифовального круга $D_{кр \cdot ф}$, мм;

– частота вращения шлифовального круга $n_{кр}$, 1/мин;

Витебский государственный технологический университет

– ширина шлифовального круга $B_{кр}$, мм;
– код твердости шлифовального круга $H_{кр}$;
– жесткость технологической системы j, Н/мм;
– допустимая удельная радиальная сила $p_{уд}$., Н/мм

Порядок вычислений:

1. Скорость шлифования $v_к$: $v_к = \pi \cdot D_{кр.ф} \cdot n_{кр} / 60000$, м/с.

2. Скорость подачи правки s_a: $s_a = 0{,}009 \cdot v_к \cdot Ra$, м/мин.

3. Глубина при правке $a_{пр}$: $a_{пр} = 0{,}025 \cdot \sqrt{Ra}$, мм.

4. Табличный коэффициент режущей способности $K_{р.таб}$ мм^3/(с Н); см таблицу Ц.7.2.

5. Коэффициент влияния скорости шлифования K_V

при $Гм = 1$ $K_V = 1 + (v_к - 35)/(22{,}5 + 0{,}75 \cdot v_к)$;

при $Гм = 2$ $K_V = \sqrt{2{,}575 - 0{,}045 \cdot v_к}$.

6. Коэффициент влияния твердости шлифовального круга $K_н$:

$K_H = 1 - (H_к - 3)/(4 + 0{,}3 \cdot H_к)$, где значение $H_к$ выбирается по таблице Ц.7.3.

7. Коэффициент влияния скорости подачи при правке $K_{пр}$:

$K_{пр} = s_a^2/(0{,}027 + 0{,}75 \cdot s_a^2)$.

8. Коэффициент влияния диаметра шлифовального круга K_d:

$K_d = 0{,}725 + 0{,}001 \cdot D_{кр.ф}$.

9. Фактический коэффициент режущей способности K_p:

$K_p = K_{р.Т} \cdot K_V \cdot K_H \cdot K_{пр} \cdot K_d \cdot K_м$, мм^3/(с Н); $K_м$ из таблицы Ц.7.4.

10. Скорость стола *V:*

$V = v_к \cdot (1 - 0{,}015 \cdot v_к + 0{,}012 \cdot HR_д)$;

полученное значение проверить по станку $V_{\min} < V < V_{\max}$.

11. Относительная упругая деформация *Y* и параметр α:

$Y = B_д \cdot V/(j \cdot K_p)$; $\alpha = Y/(1+Y)$; $\gamma = (1+Y)/(1+2 \cdot Y)$.

12. Припуски на предварительное ($П_1$), чистовое ($П_2$) и отделочное ($П_3$) шлифование $П_1$ = (0,5…0,6) $П_о$; $П_2$ = (0,4…0,3) $П_о$; $П_3$ = (0,05…0,1) $П_о$.

13. Максимально допустимая упругая деформация y_m:

$y_m = 0{,}02 + T(H_д)/(0{,}5 + 3 \cdot T(H_д))$, мм;

проверка правильности распределения припуска по этапам:

$y_m < 0{,}6 \cdot (П_2 + П_3)$, если неравенство не соблюдается, то увеличивают припуски $П_2$ и $П_3$ за счет уменьшения $П_1$.

14. Предварительная вертикальная подача s_1 мм/проход:

Витебский государственный технологический университет

$s_1 = y_m / Y$; проверка по $p_{уд}$ $s_1 < p_{уд} \cdot B_д / (j \cdot Y)$.

15. Вертикальная подача на врезание перед первым проходом s_{11} мм

$s_{11} = s_1 \cdot (1 + Y)$; проверка $s_{11} < s_{в.\max}$.

16. Чистовая и отделочная вертикальная подачи:

$s_2 = 0{,}4\ s_1$; $s_3 = 0{,}1\ s_1$; проверка $s_3 > s_{в.\min}$.

17. Число проходов i_1 предварительного этапа рабочего цикла:

$i_1 = П_1 / s_1$;

полученное значение округляется до ближайшего целого i_{1c}.

18. Фактически удаленная на первом этапе рабочего цикла часть припуска определяется согласно модели $П_{1c} = s_1 \cdot i_{1c}$.

19. Число проходов i_2, затраченное на второй этап рабочего цикла, определяется методом последовательного поиска: начальное значение числа проходов $i_{2н}$ определяются по модели $i_{2н} = [П_2 - Y \cdot (s_1 - s_2)] / s_2$; полученное значение округляется до ближайшего целого i_{2c}; затем вычисляется припуск, снятый за это число проходов согласно модели $П_{2c} = s_2 \cdot i_{2c} + Y \cdot (s_1 - s_2) \cdot (1 - \alpha^{i_{2c}})$; если $П_{2c} < П_2$, то принимаем $i_{2c} = i_{2c} + 1$ и повторяем определение $П_{2c}$ до тех пор, пока не будет выполнено неравенство $П_{2c} > П_2$; выбирается то значение i_{2c}, которое обеспечивает минимальную разницу между $П_{2c}$ и $П_2$.

20. Часть припуска, которая удаляется на втором этапе рабочего цикла, определяется согласно модели $П_{2c} = s_2 \cdot i_{2c} + Y \cdot (s_1 - s_2) \cdot (1 - \alpha^{i_{2c}})$, где i_{2c} –окончательно выбранное значение числа проходов на втором этапе.

21. Конечное значение глубины шлифования $a_{2к}$ для второго этапа рабочего цикла определяется согласно модели $a_{2o} = s_2 \cdot (1 - \alpha^{i_{2c}}) + s_1 \cdot \alpha^{i_{2c}}$.

22. Часть припуска, оставшаяся на третий этап рабочего цикла определяется согласно модели $П_{3o} = П_o - П_{1c} - П_{2c}$.

23. Число проходов i_3, затраченное на третий этап рабочего цикла, определяется так же, как и для второго этапа, однако начальное значение i_3 определяется согласно модели $i_{3н} = [П_{3o} - Y \cdot (s_2 - s_3)] / s_3$; полученное значение округляется до ближайшего целого i_{3c}; а часть припуска, удаленная на третьем этапе, определяется согласно модели $П_{3c} = s_3 \cdot i_{3c} + Y \cdot (a_{2o} - s_3) \cdot (1 - \alpha^{i_{3c}})$.

Витебский государственный технологический университет

24. Часть припуска, удаленная на третьем этапе рабочего цикла, определяется согласно модели $П_{3c} = s_3 \cdot i_{3c} + Y \cdot (a_{2o} - s_3) \cdot (1 - \alpha^{i_{3c}})$, где i_{3c} – окончательно выбранное число проходов третьего этапа.

25. Погрешность шлифования определяется согласно модели $\Delta П = П_{3o} - П_{3c}$, должна быть меньше $T(H_д)$.

26. Время на один проход $t_{1.пр}$: $t_{1.пр} = (L_д + 4 \cdot V)/(1000 \cdot V)$.

27. Основное время t_o: $t_o = t_{1.пр} \cdot (i_{1c} + i_{2c} + i_{3c})$.

Алгоритм Ц.7.8. *Плоское врезное шлифование с вертикальной подачей на двойной ход.*

Порядок вычислений:

Шаги 1…13 так же, как для врезного шлифования с подачей на каждый ход.

14. Предварительная вертикальная подача s_1 мм/дв. ход:

$s_1 = y_m /(Y \cdot \gamma)$; проверка по $p_{уд}$ $y_m < p_{уд} \cdot B_д / j$.

15. Подача на врезание перед первым проходом s_{11}, мм:

$s_{11} = y_m \cdot (1 + Y)/Y$; проверка $s_{11} < s_{в.\max}$.

Шаги 16…18 так же, как для врезного шлифования с подачей на каждый ход.

19. Число двойных ходов i_2 на втором этапе рабочего цикла определяется так же, как для случая вертикальной подачи на каждый проход, но начальное значение $i_{2н}$ определяем из модели

$i_{2н} = [П_2 - Y \cdot (s_1 \cdot \alpha - s_2)/(1 + \alpha)]/s_2$;

полученное значение i_2 округляется до ближайшего целого $i_{2.c}$, а припуск $П_{2c}$ определится по модели

$$П_{2c} = s_2 \cdot i_{2c} + Y \cdot \frac{(1 - \alpha^{2i_{2c}})}{(1 + \alpha)} \cdot (s_1 \cdot \alpha - s_2).$$

20. Удаленный на втором этапе припуск $П_{2c}$ определится по модели

$$П_{2c} = s_2 \cdot i_{2c} + Y \cdot \frac{(1 - \alpha^{2i_{2c}})}{(1 + \alpha)} \cdot (s_1 \cdot \alpha - s_2),$$ где $i_{2.c}$ – окончательно принятое значение числа двойных ходов на этом этапе рабочего цикла.

21. Припуск, оставшийся на третий этап рабочего цикла $П_{3o}$:

$П_{3o} = П_o - П_{1c} - П_{2c}$.

22. Глубина шлифования для обратного хода в конце второго этапа a_{2o}

$a_{2o} = [s_1 \cdot \alpha^{1+i_{2c}} + s_2 \cdot (1 - \alpha^{i_{2c}})]/(1 + \alpha)$.

Витебский государственный технологический университет

23. Число двойных ходов i_3 на третьем этапе рабочего цикла определяем так же, как для второго, но начальное значение $i_{3н}$ определяется по модели $i_{3н} = \{П_{3о} - Y \cdot [a_{2o} - s_3/(1+\alpha)]\}/s_3$; полученное значение i_3 округляется до ближайшего целого i_{3c}, а припуск $П_{3с}$ определяется согласно модели $П_{3c} = s_3 \cdot i_{3c} + Y \cdot (1 - \alpha^{2i_{3c}}) \cdot [a_{2o} - s_3/(1+\alpha)]$.

24. Удаленный на третьем этапе рабочего цикла припуск $П_{3с}$ определяется по модели $П_{3c} = s_3 \cdot i_{3c} + Y \cdot (1 - \alpha^{2i_{3c}}) \cdot [a_{2o} - s_3/(1+\alpha)]$, где i_{3c} – окончательно выбранное значение числа двойных ходов третьего этапа.

25. Погрешность шлифования определяется согласно модели $\Delta П = П_{3o} - П_{3c}$, должна быть меньше $T(d)$.

26. Время на один двойной ход $t_{1.пр} : t_{1.пр} = (2 \cdot B_д + 4 \cdot V)/(1000 \cdot V)$.

27. Основное время $t_o : t_o = t_{1.пр} \cdot (i_{1c} + i_{2c} + i_{3c})$.

Алгоритм Ц.7.9. *Плоское продольное шлифование с вертикальной подачей на каждый ход.*

Порядок вычислений:

Шаги 1…10 те же, что и для плоского врезного шлифования с вертикальной подачей на каждый ход.

11. Относительная упругая деформация *Y* и параметры α и γ:

$s_{поп} = B_{кр} \cdot (0{,}15 + 0{,}2 \cdot Ra)$;

$Y = s_{поп} \cdot V/(j \cdot K_p)$; $\alpha = Y/(1+Y)$; $\gamma = (1+Y)/(1+2 \cdot Y)$.

Шаги 12…16 те же, что и для плоского врезного шлифования с вертикальной подачей на каждый ход.

17. Число циклов проходов i_1 предварительного этапа рабочего цикла

$i_1 = П_1/s_1$; число проходов в цикле i_n $i_n = B_д/s_{поп}$;

полученные значения округляется до ближайших целых i_{1c} и $i_{пс}$;

шаги 18…26 те же, что и для плоского врезного шлифования с вертикальной подачей на каждый ход.

27. Основное время t_o $t_o = t_{1.пр} \cdot (i_{1c} + i_{2c} + i_{3c}) \cdot i_{пс}$.

Витебский государственный технологический университет

Ц.8 Значения нормализованных рядов φ, возведенных в степень

φ в степени	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,00
2	1,12	1,26	1,58	2,00	2,50	3,16	4,00
3	1,19	1,41	2,00	2,82	4,00	5,64	8,00
4	1,26	1,58	2,50	4,00	6,32	10,08	16,00
5	1,34	1,78	3,16	5,64	10,08	17,92	32,00
6	1,41	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00
7	1,49	2,24	5,04	11,28	25,28	56,80	
8	1,58	2,50	6,32	16,00	40,00		
9	1,67	2,81	8,00	22,56	64,00		
10	1,78	3,16	10,08	32,00			
11	1,89	3,55	12,64	45,12			
12	2,00	4,00	16,00	64,00			
13	2,12	4,48	20,16				
14	2,24	5,04	25,28				
15	2,36	5,64	32,00				
16	2,50	6,32	40,00				
17	2,65	7,12	50,65				
18	2,81	8,00	64,00				
19	2,98	8,96	80,64				
20	3,16	10,08	101,64				
21	3,35	11,28					
22	3,55	12,64					
23	3,77	14,24					
24	4,00	16,00					
25	4,24	17,92					
26	4,48	20,16					
27	4,75	22,56					
28	5,04	25,28					
29	5,34	28,48					
30	5,64	32,00					
31	5,98	35,84					
32	6,32	40,00					
33	6,70	44,96					
34	7,12	50,56					
35	7,55	56,80					
36	8,00	64,00					
37	8,48						
38	8,96						
39	9,50						
40	10,08						
41	10,68						
42	11,28						
43	11,96						
44	12,64						
45	13,40						
46	14,24						
47	15,09						
48	16,00						
49	16,96						
50	17,92						

Витебский государственный технологический университет

Ц.9 Нормативы времени для массового производства

Таблица Ц.9.1 – Вспомогательное время на установку и снятие детали в ручную, в мин. (патроны самоцентрирующие)

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
В бесключевом патроне	0,05	0,06	0,06	0,08	0,1	0,13	-	-
В самоцентрирующем патроне с креплением:								
пневматическим зажимом	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18	0,22
ключом	-	0,15	0,17	0,23	0,27	0,3	0,4	0,5
Подвести и отвести центр задней бабки, закрепить и открепить пиноль рукояткой:								
пневматически	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
рычагом	-	-	-	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
маховичком	-	-	-	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07

Таблица Ц.9.2 – Вспомогательное время на установку и снятие прутка в цанговом патроне, в мин.

Способ установки и крепления прутка	Диаметр прутка (мм) до					
Взять пруток и поставить в трубу	0,2	0,24	0,3	0,44	0,6	0,9
Заправить пруток в патрон, установить в размер на подрезку, проверить регулировку зажима и закрепить						
пневматическим зажимом	0,11	0,18	0,28	0,38	0,47	0,52
рукояткой рычага	0,12	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55
Разжать патрон для освобождения остатка прутка						
пневматическим зажимом	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
рукояткой рычага	0,025	0,028	0,031	0,036	0,04	0,045
Вынуть остаток прутка из патрона и отложить	0,015	0,018	0,021	0,025	0,03	0,035

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.3 – Вспомогательное время на установку детали в центрах и снятие ее (вручную), мин

Содержание работы: взять деталь (оправку с деталями), установить в центрах, закрепить центром задней бабки; отвести центр задней бабки, снять деталь (оправку с деталями) и отложить

Способ привода центра задней бабки и крепления пиноли	Масса детали (оправка с деталями) кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
Рукояткой пневматического патрона	0,06	0,07	0,08	0,1	0,13	0,16	0,21
Отводной пружиной рукояткой с креплением пиноли рукояткой	0,07	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18	0,23
Закрыть, открыть, закрепить и открепить крышку люнета закрытого типа	-	-	-	0,087	0,099	0,111	0,124

Таблица Ц.9.4 – Вспомогательное время на установку и снятие одной детали, мин

а) на магнитном столе

Содержание работы: взять деталь, установить; снять деталь, отложить, очистить плиту от стружки.

Количество одновременно устанавливаемых деталей	Масса детали (кг) до							
	0,05	0,1	0,5	1	3	5	8	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	0,049	0,057	0,067	0,078	0,09
3	-	-	-	0,04	0,051	-	-	-
5	0,017	0,019	0,023	0,028	-	-	-	-
10	0,014	0,016	0,02	-	-	-	-	-
15	0,011	0,013	0,016	-	-	-	-	-
20 и более	0,01	0,012	-	-	-	-	-	-

б) на опорный нож при бесцентровом шлифовании:

Содержание работы: установить деталь на опорный нож при работе напроход или установить деталь на опорный нож, подвести и отвести круг, снять деталь с опорного ножа при работе врезанием.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1(напроход)	-	-	0,028	0,033	0,044	0,05	-	-
1(до упора)	-	-	0,049	0,058	0,078	0,091	0,101	0,114

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.5 – Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин (различные приспособления)

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
В цанговом патроне								
Пневмозажимом	0,06	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,24
Рукояткой рычага	0,07	0,08	0,09	0,12	0,14	0,17	0,2	0,25
На гладкой оправке без крепления	0,06	0,08	0,08	0,12	0,15	0,20	-	-
На гладкой оправке с креплением гайкой с быстросъемной шайбой	0,11	0,13	0,15	0,2	0,26	0,32	0,39	0,47
На резьбовой оправке	0,1	0,12	0,13	0,19	0,25	-	-	-
Установка детали по зубу долбяка, фрезы с подводом инструмента к детали	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
Установка на оправке каждой последующей детали свыше одной	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	-	-
Установить и снять быстросъемную шайбу	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
Установка в тисках с креплением								
Пневмозажимом	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,17
Эксцентриковым зажимом	0,06	-	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,17
Установка в тисках каждой последующей детали свыше одной	0,03	-	0,04	0,05	0,06	-	-	-

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.6 – Вспомогательное время на установку деталей вручную в специальных приспособлениях и на их снятие, мин

Установочные плоскости, элементы приспособления и его тип	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Установка на горизонтальные плоскость или призму в приспособлении:								
открытом – первая деталь	0,034	0,038	0,043	0,053	0,063	0,078	0,1	0,13
то же – каждая последующая деталь	0,024	0,027	0,03	0,037	0,05	0,062	0,08	0,104
в закрытом приспособлении	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,11	0,143
Установка на горизонтальную плоскость с упором или призму, расположенную вертикально в приспособлении								
открытом – первая деталь	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,11	0,142
то же – каждая последующая деталь	0,026	0,029	0,033	0,041	0,055	0,069	0,088	0,114
закрытом	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	0,121	0,156
Установка на горизонтальную плоскость и палец гладкий или вертикальную плоскость с упором в приспособлении								
открытом – первая деталь	0,041	0,046	0,051	0,063	0,075	0,095	0,119	0,154
то же – каждая последующая деталь	0,029	0,032	0,036	0,044	0,06	0,076	0,095	0,123
закрытом	0,045	0,051	0,056	0,069	0,083	0,105	0,131	0,169
Установка в отверстие или гнездо в горизонтальной плоскости; на палец гладкий и вертикальную плоскость в приспособлении								
открытом – первая деталь	0,044	0,049	0,055	0,068	0,082	0,102	0,129	0,168
то же – каж-	0,031	0,034	0,039	0,048	0,066	0,082	0,103	0,134

Витебский государственный технологический университет

дая последующая деталь								
закрытом	0,048	0,054	0,061	0,075	0,09	0,112	-	-

Продолжение таблицы Ц.9.6

Установка на горизонтальную плоскость и два пальца или отверстие на вертикальную плоскость в приспособлении								
открытом — первая деталь	0,048	0,054	0,06	0,075	0,089	0,112	0,141	0,152
то же — каждая последующая деталь	0,034	0,038	0,042	0,053	0,071	0,09	0,113	0,122
закрытом	0,053	0,059	0,066	0,083	0,098	0,123	0,155	0,167
Установка на палец шлицевый в горизонтальной плоскости или на два пальца и вертикальную плоскость в приспособлении								
открытом – первая деталь	0,053	0,059	0,066	0,082	0,098	0,121	0,158	0,197
то же – каждая последующая деталь	0,037	0,041	0,046	0,057	0,078	0,097	0,126	0,157
закрытом	0,058	0,065	0,073	0,9	0,108	0,133	0,174	0,217
Установка по горизонтальному пазу или на палец шлицевый в вертикальной плоскости в приспособлении								
открытом – первая деталь	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,11	0,142
то же – каждая последующая деталь	0,026	0,029	0,033	0,041	0,055	0,069	0,088	0,114
закрытом	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	-	-
Установка на призму и палец горизонтально в открытом приспособлении								
первая деталь	0,045	0,051	0,056	0,069	0,083	0,105	0,131	0,169
каждая последующая	0,032	0,036	0,039	0,048	0,066	0,084	0,105	0,135
Установка на призму и в паз горизонтально в открытом приспособлении								
первая деталь	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	0,121	0,156
каждая	0,029	0,032	0,036	0,045	0,061	0,076	0,101	0,125

последующая

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.7 – Вспомогательное время на закрепление и открепление детали в специальных приспособлениях, мин

Способ крепления	Количество зажимов	Масса детали (кг) до				
		1	5	12	20	свыше 20
Крепление в приспособлениях						
Рукояткой:						
пневматического зажима и гидравлического	1	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
эксцентрикового зажима	1	0,03	0,034	0,036	-	-
то же	2	-	0,054	0,061	0,065	0,082
Винтовым зажимом, маховичком, звездочкой	1	0,034	0,042	0,055	0,068	0,128
то же	2	0,06	0,076	0,097	0,12	0,196
Гаечным или винтовым зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,094	0,11	0,135	0,16	0,2
То же	2	0,153	0,18	0,22	0,26	0,32
»	3	-	0,24	0,29	0,35	0,42
«	4	-	0,3	0,39	0,44	0,55
Гаечным зажимом с быстросъемной шайбой при помощи гаечного ключа	1	0,085	0,1	0,12	0,135	0,17
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,052	0,06	0,071	0,083	0,137
Рукояткой эксцентрикового зажима и винтовым зажимом	2	0,058	0,068	0,082	0,095	0,154
Крепление откидной или скользящей планкой						
Рукояткой пневматического зажима	1	0,034	0,042	0,046	0,05	0,06
Рукояткой эксцентрикового зажима	1	0,04	0,052	0,058	0,064	0,079
Винтовым зажимом вручную	1	0,044	0,06	0,077	0,094	0,163
Гаечным или винтовым зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,104	0,123	0,157	0,186	0,235
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,062	0,078	0,093	0,109	0,172

Таблица Ц.9.8 – Вспомогательное время на приемы управления станками

Содержание приема управления	Время, мин
Разные станки	
Включить или выключить станок или его узлы: кнопкой рычагом	 0,01 0,02
Повернуть резцовую головку на следующую позицию	0,04
Повернуть револьверную головку на следующую позицию	0,015
Установить и снять инструмент в быстросъемном патроне: при диаметре инструмента до 15 мм то же до 25 мм « до 30 мм » свыше 30 мм	 0,035 0,04 0,06 0,08

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Ц.9.8

Поставить кондукторную втулку и снять:	
при внутреннем диаметре втулки до 20 мм	0,05
при внутреннем диаметре втулки до 40 мм	0,06
при внутреннем диаметре втулки свыше 40 мм	0,07
Подвести инструмент при снятии одной фаски	0,016
То же, при снятии каждой последующей фаски	0,01
Свести плашки резьбонарезной головки рычагом	0,02
Разжать бруски хонинговальной головки:	
вручную	0,03
гидравлической подачей	0,02
Сжать бруски хонинговальной головки:	
вручную	0,025
гидравлической подачей	0,015
Закрепить или открепить каретку	0,02
Повернуть стол с рабочей позиции на загрузочную	0,05
Подвести или отвести инструмент к детали при обработке:	
резец	0,025
револьверную головку	0,02
сверло, развертку, метчик, зенкер, плашки	0,01
фрезу к детали в вертикальном направлении	0,04
фрезу к детали в горизонтальном направлении	0,04
деталь к фрезе в поперечном направлении	0,04
деталь к фрезе в продольном направлении	0,03
шлифовальный круг к детали до появления искры:	
в вертикальном направлении	0,04
в поперечном или продольном направлении	0,02
деталь к шлифовальному кругу подъемом стола до появления искры	0,04
Подвести или отвести инструмент к детали при обработке:	
хонинговальную головку	0,01
державку с брусками суперфинишной головки:	
вручную	0,06
с механической подачей	0,04
долбяк:	
в вертикальном направлении	0,06
в горизонтальном направлении	0,06
деталь к шеверу	0,04
шлифовальный круг для торцевого шлифования	0,025
Зубострогальные станки	
Включить или выключить движение ползунов и подачу:	
кнопкой	0,01
рычагом	0,02
Отвести деталь от резцов перемещением каретки	0,04
Закрепить или открепить каретку	0,02

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ц.9.8

Болторезные станки	
Включить или выключить вращение шпинделя	0,01
Включить или выключить продольную подачу	0,01
Переключить направление вращения шпинделя	0,01
Подвести и направить деталь в плашки	0,015
Отвести каретку на исходное положение на длину: до 100 мм свыше 100 мм	 0,015 0,025
Протяжные станки для внутреннего и наружного шлифования	
Включить движение ползуна (рабочий или холостой ход): ножной педалью кнопкой рычагов	 0,015 0,01 0,02
Установить протяжку в зажимной патрон: диаметр протяжки до 20 мм то же до 40 мм то же до 80 мм	 0,06 0,08 0,11
Закрепить протяжку в зажимном патроне рукояткой	0,015
Открепить протяжку рукояткой патрона	0,015
Очистить протяжку от стружки: диаметр протяжки до 40 мм то же до 80 мм то же свыше 80 мм	 0,03 0,05 0,07
Подвести или отвести стол	0,04
Зубошлифовальные станки	
Включить или выключить вращение шлифального круга	0,01
Включить или выключить подачу обкатки и возвратно-поступательное движение каретки	0,01
Включить счетчик продолжительности обкатки	0,01
Установить глубину шлифования и равномерность снятия припуска для первого прохода	0,5
Подвести шлифовальный круг и установить на размер для последующего прохода	0,05
Отвести шлифовальный круг от детали	0,035
Шлицешлифовальные станки	
Включить станок	0,01
Включить или выключить вращение шлифовального круга	0,01
То же, движения стола	0,01
» вертикальную подачу круга	0,01
« подачу делительного механизма	0,01
Подвести шлифовальный круг к детали в вертикальном направлении и установить на размер до появления искры	0,04
Отвести шлифовальный круг от детали в вертикальном направлении	0,035
Переместить стол в продольном направлении (подвод или отвод): на длину до 100 мм то же до 200 мм	 0,035 0,5

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.9 – Вспомогательное время на приемы управления станком, связанные с перемещением рабочих органов станков, мин

Тип станка	Содержание приема	Длина перемещения (мм) до					
		50	100	200	300	400	500
Токарно-центровой операционный и токарно-многорезцовый	Переместить каретку суппорта в продольном направлении:						
	наибольший диаметр обработки 400	-	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14
	то же, 600	-	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16
Расточные	Переместить шпиндель в исходное положение	0,03	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18
Револьверный с вертикальной осью вращения	Переместить каретку суппорта в продольном направлении	-	0,05	0,08	0,09	-	-
	Переместить суппорт в поперечном направлении	0,05	0,08	-	-	-	-
	Переместить револьверную головку	-	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Сверлильный	Переместить шпиндель в вертикальном направлении	-	0,01	0,015	0,02	0,03	-
Горизонтально- и вертикально-фрезерные	Переместить стол в продольном или поперечном направлении при длине стола:						
	750 мм	-	0,04	0,07	0,11	0,13	0,16
	1250 мм	-	0,05	0,09	0,14	0,16	0,19
	1800 мм	-	0,06	0,11	0,15	0,18	0,21
Зубофрезерный	Переместить фрезерную головку в горизонтальном направлении:						
	наибольший модуль 12 мм	0,1	0,19	0,36	-	-	-
	свыше 12 мм	0,15	0,28	0,52	-	-	-
	Переместить фрезерную головку в вертикальном направлении:						
	наибольший модуль 12 мм	0,1	0,18	0,34	-	-	-
	свыше 12 мм	0,15	0,27	0,50	-	-	-
Шлицефрезерный	Переместить фрезерную головку в продольном направлении	-	0,06	0,1	0,14	0,18	0,26

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.10 – Вспомогательное время на измерение калибрами-пробками и кольцами

измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер (мм) до	Время, мин.
Калибр-пробка гладкая двусторонняя (полный промер)	7	10…25	0,11
		50	0,13
		75	0,15
	8,9,10	25	0,09
		50	0,11
		75	0,12
	11,12,13	25	0,06
		50	0,07
		75	0,08
Калибр-пробка плоская	7	75	0,22
		100	0,24
		125	0,25
	8,9,10	75	0,17
		100	0,19
		125	0,2
	11,12,13	75	0,096
		100	0,11
		125	0,12
Калибр-пробка шлицевая	7	25	0,1
		50	0,14
		72	0,16
	8,9,10	25	0,09
		50	0,12
		75	0,14
Калибр-вкладыш шлицевой		25	0,05
		50	0,06
		75	0,07

Таблица Ц.9.11 – Вспомогательное время на измерение шлицевыми калибрами-кольцами, мин

измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер (мм) до	Измеряемая длинна			
			50	100	200	300
Калибр-кольцо шлицевое	7	25	0,15	0,18	0,21	0,23
		50	0,2	0,23	0,27	0,34
		75	0,23	0,27	-	-
Калибр-кольцо шлицевое	8,9,10	25	0,13	0,14	0,16	0,18
		50	0,17	0,2	0,23	0,24
		75	00,2	0,23	-	-

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.12 – Вспомогательное время на измерение скобами

измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер (мм) до	Длина измеряемой поверхности (мм) до		
			50	100	250
Квалитет					
Скоба двусторонняя предельная (полный промер)	6,7	50	0,09	0,11	0,15
		100	0,11	0,13	0,18
	8,9	50	0,07	0,09	0,13
		100	0,09	0,11	0,15
Скоба односторонняя предельная	6,7	50	0,07	0,08	0,1
		100	0,08	0,1	0,14
	8,9	50	0,06	0,07	0,1
		100	0,07	0,09	0,13
	10…12	50	0,03	0,04	0,06
		100	0,04	0,05	0,07
Степень точности0,09					
Скоба резьбовая	6,7	50	0,08	0,09	0,12
		100	0,09	0,11	0,15
	8,9	50	0,07	0,08	0,11
		100	0,08	0,1	0,14
	10	50	0,03	0,04	0,07
		100	0,04	0,06	0,08
Скоба индикаторная	0,01 мм	50	0,07	0,08	0,12
		100	0,09	0,11	0,14
		200	0,12	0,13	0,17

Таблица Ц.9.13 – Вспомогательное время на измерение резьб с точностью 6…8g и 6…7H пробками и кольцами резьбовыми в массовом производстве, мин.

Измеряемый размер (мм) до		Длина измеряемой резьбы (мм) до								
D	S	5	10	15	20	30	40	50	60	80
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Измерение резьбовой пробкой										
10	0,5	0,21	0,39	0,54	0,72	-	-	-	-	-
	1	0,12	0,21	0,3	0,39	0,54	-	-	-	-
	1,5	0,08	0,15	0,21	0,27	0,39	-	-	-	-
20	1	0,13	0,22	0,31	0,4	0,59	-	-	-	-
	1,5	0,09	0,16	0,22	0,29	0,41	0,54	0,63	-	-
	2	0,08	0,13	0,17	0,22	0,31	0,41	0,5	-	-
	2,5	0,07	0,1	0,14	0,19	0,26	0,33	0,4	-	-
40	1	0,14	0,24	0,34	0,44	0,63	0,81	1,04	-	-
	1,5	0,11	0,18	0,24	0,31	0,44	0,59	0,72	-	-
	2	0,09	0,14	0,19	0,24	0,34	0,44	0,54	-	-
	2,5	0,08	0,13	0,16	0,2	0,28	0,36	0,44	-	-

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Ц.9.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
60	1	0,15	0,27	0,38	0,5	0,72	0,9	1,13	-	-
	1,5	0,12	0,2	0,27	0,35	0,5	0,63	0,72	0,9	-
	2	0,1	0,15	0,22	0,27	0,38	0,5	0,59	0,72	-
	3	-	0,12	0,15	0,19	0,27	0,35	0,4	0,5	-
Измерение резьбовым кольцом										
10	0,5	0,15	0,28	0,41	0,54	-	-	-	-	-
	1	0,09	0,15	0,22	0,28	0,41	0,54	0,68	-	-
	1,5	0,06	00,1	0,15	0,2	0,28	0,38	0,54	-	-
20	1	0,09	0,16	0,23	0,3	0,45	0,59	0,72	-	-
	1,5	0,07	0,12	0,16	0,21	0,3	0,39	0,48	0,59	-
	2	0,05	0,1	0,13	0,16	0,23	0,3	0,37	0,45	0,59
	2,5	0,04	0,07	0,1	0,13	0,19	0,26	0,3	0,36	0,45
40	1	0,1	0,18	0,25	0,32	0,5	0,63	0,77	-	-
	1,5	0,07	0,13	0,18	0,23	0,32	0,44	0,54	0,63	-
	2	0,07	0,1	0,13	0,18	0,25	0,32	0,41	0,5	0,63
	2,5	0,05	0,09	0,12	0,15	0,21	0,27	0,32	0,39	0,5
	3	-	0,07	0,1	0,13	0,18	0,23	0,27	0,32	0,43
60	1	0,11	0,2	0,30	0,38	0,54	0,720,9	-	-	-
	1,5	0,08	0,15	0,2	0,26	0,38	0,5	0,59	0,72	-
	2	0,07	0,13	0,16	0,22	0,29	0,38	0,45	0,59	0,72
	3	-	0,08	0,12	0,15	0,2	0,26	0,32	0,38	0,5

Примечание. При измерении резьб более высокой степени точности время по таблице применять с коэффициентом 1,2

Таблица Ц.9.14 – Вспомогательное время на измерения шаблонами, мин

измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер (мм) до				
		100	300	500	750	1000
Шаблон линейный односторонний	0,2…0,5	0,04	0,06	0,07	0,08	0,08
	До 0,2	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14
Шаблон линейный двусторонний	0,2…0,5	0,06	0,07	0,09	0,1	0,11
	До 0,2	0,08	0,11	0,14	0,15	0,17
Шаблон линейный простого профиля	0,15…0,25	0,07	0,08	0,1	-	-
	До 0,15	0,09	0,12	0,15	-	-
Шаблон линейный сложного профиля	0,15…0,25	0,09	0,11	0,13	-	-
	До 0,15	0,17	0,21	0,22	-	-

Таблица Ц.9.15 – Вспомогательное время на проверку или эллиптичность индикатором часового типа

Контролируемый размер (мм) до	Время, мин
50	0,05
100	0,055
200	0,061
300	0,065
400	0,068

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.16 – Вспомогательное время на контрольные промеры универсальным инструментом с установкой его на размер в процессе измерения, мин

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер (мм)	Измеряемая длинна (мм) до				
			50	100	200	300	500
Штангенглубинометр	0,02…0,05 мм		0,16	0,18	0,2	0,22	0,24
Штангенциркуль	До 0,1 мм	50	0,12	0,15	0,18	0,2	0,24
		100	0,13	0,16	0,19	0,22	0,24
		200	0,16	0,17	0,21	0,23	0,25
		400	0,22	-	-	-	-
Микрометр	6…7 квалитет	100	0,22	0,22	0,23	0,28	0,33
		200	0,27	0,27	0,28	0,29	0,33
Нутромер индикаторный	6…7 квалитет	50	0,17	0,2	0,23	0,26	-
		100	0,19	0,22	0,24	0,27	-
		200	0,22	0,26	0,27	0,29	-
Угломер универсальный	Свыше 5’		0,2	0,23	0,24	0,27	0,33
	До 5’		0,23	0,26	0,35	0,36	0,38

Таблица Ц.9.17 – Техническое обслуживание рабочего места. Время на смену режущего инструмента $t_{см}$, мин

Режущий инструмент	Способ закрепления инструмента	Точность установки, мм	Размер инструмента– диаметр или квадрат (мм) до			
			20 10x10	30 15x15	50 25x25	Св. 50 35x25
Токарно-операционные, многорезцовачные, токарные многошпиндельные полуавтоматы, расточные и револьверные станки.						
Резцы проходные, подрезные расточные	Резцедержатель суппорта	– свыше 0,2 До 0,2	1 1,7 2,5	1,3 2 3,3	1,5 2,5 4	1,7 3 5,8
Резцы отрезные, канавочные, фасонные	В гнездо головки В резцедержатель суппорта	– – свыше 0,2 До 0,2	2 0,8 1,3 1,7	2,5 1,1 1,5 2	- 1,2 2 2,3	- 1,3 2 2,3
Резцы фасонные	В гнездо головки В резцедержатель суппорта	– – свыше 0,2 До 0,2	1,2 1,5 2 3,5	1,5 2 3 5	- 2,5 4 6	- 3 5 7
Сверла, зенкеры, развертки, метчики	В гнездо головки	– –	2,5 0,4	3,5 0,5	- 0,6	- 0,7

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ц.9.17

Сверлильные одношпиндельные, многошпиндельные полуавтоматы и автоматы						
Сверла, зенкеры, развертки, зенковки, метчики	В конус шпинделя	–	0,3	0,35	0,4	0,5
	В конус шпинделя с переходной втулкой	–	0,5	0,55	0,6	0,65
	В кулачковый патрон	–	0,5	0,6	-	-
Комбинированные сверла, зенкеры, развертки			-	-	0,8	1

Таблица Ц.9.18 – Техническое обслуживание рабочего места. Время на смену режущего инструмента на одношпиндельных, многошпиндельных и автоматах $t_{см}$, мин

Фрезы	Количество фрез в наладке	Диаметры фрезы (мм) до							
		50	80	100	160	200	320	400	500
Торцовые	1	1,5	1,9	2,2	2,8	3,1	4	4,5	5
	2	2,5	3,2	3,7	4,8	5,3	6,8	7,6	8,5
	3	3,5	4,5	5,2	6,7	7,5	9,6	10,7	12
	4	4,5	5,8	6,7	8,6	9,7	12,4	13,8	15,5
Концевые	1	1,8	2	-	-	-	-	-	-
	2	2,7	3	-	-	-	-	-	-
Набор фрез с оправкой	–	3	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	-
Цилиндрические	1	2,	2,8	3,6	4,4	5,2	-	-	-
	2	2,5	3,3	4,1	4,9	-	-	-	-
	3	3	3,8	4,6	5,4	-	-	-	-
	4	3,5	4,3	5,1	5,9	-	-	-	-
Дисковые пазовые отрезные	1	2	3	4	5	6	7	-	-
	2	2,6	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6	-	-
	4	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	-	-
	6	5	6	7	8	9	10	-	-

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.19 – Техническое обслуживание рабочего места при шлифовании. Время на одну правку шлифовального круга $t_п$, мин

Правка	Правящий инструмент	Поверхность правки	Ширина круга или радиус (мм) до	Шероховатость поверхности *Ra* (мкм) до	
				0,63	0,32
Круглошлифовальные станки					
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	40	1,8	2
			60	2	2,3
			82	2,3	2,6
	Шлифовальный круг, гофрированные шарошки	Торец Периферия круга	до 10	1,5	1,6
			40	1,6	1,9
			60	1,8	2,2
			80	2,1	2,5
Без установки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные диски и ролики	Торец Периферия круга	до 10	1,3	1,5
			40	1,4	1,6
			60	1,6	1,9
			80	1,8	2,2
		Торец	до 10	1,1	1,2
Внутришлифовальные станки (диаметр круга до 150 мм)					
Без установки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш	Периферия круга	до 20	0,9	1
			30	1	1,1
			40	1,1	1,2
			60	1,2	1,3
	Твердосплавные диски или ролики	Периферия круга	до 20	1,2	1,3
			30	1,4	1,5
			40	1,5	1,7
			60	1,8	2,1
Плоскошлифовальные станки, работающие периферией круга					
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные ролики, шлифовальный круг, шарошки	Периферия круга	до 20	1,2	1,4
			40	1,4	1,6
			60	1,7	1,9
		Торец	до 10	1,3	1,4
			свыше 10	1,1	1,2
Бесцентровошлифовальные станки					
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш	Периферия круга	60	1,9	2,2
			100	2,6	3
			150	2,9	4
			200	4,2	4,8
	Твердосплавные ролики	Периферия круга	60	1,6	1,9
			100	2,1	2,6
			150	2,7	3,3
			200	3,3	4
	Металлические диски, шарошки	Периферия круга	60	1,4	-
			100	1,8	-
			150	2,3	-
			200	2,8	-

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.20 – Затраты времени на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного

Наименование станков	$П_{тех}$, %
Плоскошлифовальные станки, работающие торцом круга:	
а) черновое шлифование поверхностей шириной:	
до 100 мм	3
до 200 мм	4
до 300 мм	5
б) чистовое шлифование поверхностей шириной:	
до 200 мм	2
до 300 мм	3
Хонинговальные	4
Станки для суперфиниша	4
Зубошлифовальные	6
Шлицешлифовальные	6,5
Зубофрезерные	2,5
Зубодолбежные	2,5
Зубошевинговальные	2
Зубозакругляющие	2
Зубострогальные для прямозубых конических колес	2,5
Зубострогальные для конических колес с криволинейным зубом	2
Резьбофрезерные	2
Гайконарезные	2
Резьбонакатные полуавтоматы	2
Болтонарезные	2
Протяжные для внутреннего протягивания	2
Протяжные для наружного протягивания	2
Центровальные	1,5

Таблица Ц.9.21 – Затраты времени на организационное обслуживание рабочего места $Т_{орг}$ в процентах П от оперативного $Т_{оп}$

Станки	Размерные характеристики станков, мм	Основные размеры или модели станков	Условия работы	
			с охлаждением	без охлаждения
Токарно-центровые операционные	Набольший диаметр изделия над станиной станка	300	1,3	1
		400	1,5	1,2
		600	1,7	1,4
Токарные многорезцовые			1,7	1,4
Токарные многошпиндельные полуавтоматы		1262	2,4	2,1
		1283	3,1	2,9
Резьботокарные полуавтоматы для коротких резьб			1,3	1
Револьверные			1,3	1
Расточные			1,7	1,4
Вертикально-сверлильные			1	0,8
Вертикально-сверлильные многошпиндельные			2,4	2,1

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Ц.9.21

Горизонтально- и вертикально-фрезерные			1,4	1,2
Фрезерные полуавтоматы карусельного типа	Диаметр стола до	1000	2,4	2,1
		2000	3,0	2,8
Фрезерные полуавтоматы барабанного типа			2,4	2,1
Шлицефрезерные			2,1	1,7
Шпоночно-фрезерные вертикальные			1,4	1,2
Круглошлифовальные			1,7	1,3
Внутришлифовальные	Диаметр стола до		2	1,7
Плоскошлифовальные с круглым столом		900	1,8	1,5
		1000	2	1,8
Плоскошлифовальные с прямоугольным столом	Диаметр стола до	1000	1,8	1,5
		2000	2	1,8
Бесцентровошлифовальные			2,2	-
Хонинговальные			2,0	-
Станки для суперфиниша			2	-
Зубошлифовальные			1,8	1,5
Шлицешлифовальные			1,8	-
Зубофрезерные			1,8	1,4
Зубодолбежные, работающие круглыми долбяками и режущей рейкой			1,8	1,4
Зубошевинговальные			1,6	-
Зубозакругляющие			1,6	-
Зубострогальные			1,8	-
Зубострогальные для конических колес с криволинейным зубом			1,3	-
Резьбофрезерные			1,3	1
Протяжные для внутреннего протягивания			1,5	-
Протяжные для наружного протягивания			2,0	-
Центровальные			-	1,0

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.9.22 – Затраты времени на перерывы, отдых и личные надобности $T_{отд}$ при установке деталей вручную в процентах П от оперативного $T_{оп}$

Масса детали (кг) до	Процент основного времени $T_о$ от $T_{оп}$	$T_{оп}$ (мин) до						
		0,1	0,2	0,5	1	3	5	свыше 5
При работе с ручной подачей								
1	20	8	7	7	6	6	-	-
	40	8	7	7	7	7	-	-
	80	8	8	8	8	8	-	-
5	20	-	8	7	6	6	-	-
	40	-	8	7	7	7	-	-
	80	-	8	8	9	9	-	-
10	20	-	-	8	6	6	-	-
	40	-	-	8	7	7	-	-
	80	-	-	8	9	9	-	-
20	20	-	-	9	8	8	-	-
	40	-	-	9	9	9	-	-
	80	-	-	9	10	10	-	-
При работе с механической подачей								
1	40	-	-	7	6	6	5	-
	80	-	-	7	6	5	5	-
5	40	-	-	7	6	6	6	-
	80	-	-	7	6	6	5	-
10	40	-	-	8	6	6	6	5
	80	-	-	7	6	6	5	5
20	40	-	-	-	8	8	7	5
	80	-	-	-	7	7	6	5

Примечание: При установке деталей массой белее 20 кг подъемником $T_{отд}$ во всех случаях принимается 5% от $T_{оп}$

Витебский государственный технологический университет

Ц.10 Нормативы времени для серийного производства

Таблица Ц.10.1 – Нормативы времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности

Наименование станка	$П_{об. отд}$, %
Токарные:	
высота центров до 125 мм	6
то же до 200 мм	6,5
то же до 300 мм	7
Вертикально- и горизонтально-сверлильные (работа с механической подачей):	
наибольший диаметр сверления до 12 мм	5,5
то же до 50 мм	6
то же до 75 мм	6,5
Горизонтально-, вертикально- и универсально-фрезерные (работа с механической подачей):	
длина стола станка до 750 мм	6…8
то же до 1800 мм	7…9
то же до 2500 мм	7,5…9,5
Резьбофрезерные:	
высота центров до 150 мм	7,2
то же до 200 мм	8
то же до 300 мм	8,8
Зубофрезерные	8
Шлицефрезерные	7,6
Зубодолбежные	7,7
Шевинговальные	7,2
Зубострогальные	8
Зубострогальные для конических колес с криволинейными зубьями	8
Зубозакругляющие	8
Горизонтально- и вертикально-протяжные	7…8
Шлицешлифовальные	12
Хонинговальные	10
Суперфинишные	10

Таблица Ц.10.2 – Нормативы времени на отдых и естественные надобности

Наименование станка	$П_{отд}$,%
Круглошлифовальные:	
точность шлифования 5 квалитет	6
то же , 6 квалитет	5
то же, 7 квалитет	4
Бесцентровые круглошлифовальные:	
масса шлифуемой детали до 0,5 кг	5
то же до 1 кг	6
тоже свыше 1 кг	7
Внутришлифовальные:	
точность шлифования 6 квалитет	6
то же , 7 квалитет	5
то же, 8 квалитет	4
Плоскошлифовальные	4

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.10.3 – Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на токарных станках, мин

Способ установки детали или наименование приемов	Количество режущего инструмента	Высота центров станка (мм) до		
		125	200	300
На наладку станка, инструмента и приспособлений				
В центрах	2	6	7	8
	4	8	9	10
	6	10	12	14
В патроне самоцентрирующем, цанговом или пневматическом	2	7	8	12
	4	9	10	14
	6	11	12	16
В патроне самоцентрирующем, с поджатием центра задней бабки	2	9	10	13
	4	11	12	15
	6	12	13	17
На планшайбе с угольником или в центрирующем приспособлении	2	11	12	16
	4	12	14	19
	6	16	18	22
На шпиндельной оправке (концевой конусной , разжимной или резьбовой)	2	6	7	11
	4	8	9	13
	6	10	11	15
На дополнительные приемы				
Установка упора		1	1,5	2
Установка копира		4	4	5
Установка резца на многорезцовой державке на сопряженный размер		2	2	3
Установка люнета с регулировкой		2	2,7	3,8
Поворот суппорта на угол для обточки конуса		1	1	1
Смещение задней бабки для обточки конуса		2	2,5	3
Установка подачи по ходовому винту для нарезания резьбы: рычагом коробки передач перестановкой зубчатых колес гитары		 1 3	 1 3	 1 4
Получение инструмента и приспособлений до начала и сдача после окончания обработки		7…10		

Таблица Ц.10.4 – Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на радиально- и вертикально-сверлильных станках, мин

Способ установки детали или наименование приемов	Количество режущего инструмента	Высота центров станка (мм) до		
		125	200	300
1	2	3	4	5
На наладку станка и установку приспособлений				
На столе без крепления	1…5	3	4	5
	6…10	-	5	6
	свыше 10	-	7	8

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Ц.10.4

1	2	3	4	5
На столе с креплением двумя болтами с планками	1…5	4	5	6
	6…10	-	7	8
	свыше 10	-	8	10
В приспособлении или тисках при установке вручную и без их крепления	1…5	5	6	7
	6…10	-	7	8
	свыше 10	-	9	10
В приспособлении или тисках при установке вручную с креплением приспособления четырьмя болтами	1…5	-	9	10
	6…10	-	10	11
	свыше 10	-	12	13
Сбоку стола или на весу с креплением болтами с планками	1…5	-	13	20
	6…10	-	15	22
	свыше 10	-	17	24
На дополнительные приемы				
Установка дополнительного стола		-	3	3
Поворот стола на угол		-	2	2
Установка многошпиндельной головки		-	20	25
Установка одного упора		1	1	1,5
Установка каждого дополнительного болта		-	0,6	0,6
На получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу после окончания обработки	1…5	5	5	5
	свыше 5	7	7	7

Таблица Ц.10.5 – Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках, мин

Способ крепления детали и наименование дополнительных приемов	Длина стола станка (мм) до			
	750	1250	1800	2500
1	2	3	4	5
На наладку станка и установку приспособлений				
На столе с креплением болтами и планками	12	14	16	18
В тисках или патроне с креплением их четырьмя болтами	14	16	18	20
В центрах или в патроне с делительной головкой : в делительном приспособлении с креплением его четырьмя болтами	17	19	21	23
В специальном приспособлении, устанавливаемом вручную и закрепляемом четырьмя болтами	14	16	18	20
На упаковку фрез				
Установка фрез: 1…2 шт 3…4 шт 5…6 шт	 2 4 6	 2 4 6	 2 4 6	 2 4 6
На дополнительные приемы				
Установка двух стоек, придерживающих хобот	2	2	2	3
Установка шестерен для нарезки спиралей	3	4	4	5
Установка круглого стола	6	7	7	8
Установка копира	7	8	9	10

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Ц.10.5

1	2	3	4	5
Поворот шпинделя бабка на угол	2	2	2	3
Поворот стола на угол	1	1	1	2
Установка упора	2	3	3	4
Установка домкрата или распорки	2	2	2	3
Получение инструмента и приспособлений до начала и сдача их после обработки партии деталей	7	7	10	10

Таблица Ц.10.6 – Нормативы подготовительно-заключительного времени на зубо- и шлицеобрабатывающих станках, мин

Зубофрезерные станки

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Наибольший модуль, нарезаемый на станке (мм) до	
	6	12
На наладку станка и установку приспособлений		
На оправке или переходной втулке с креплением в конусе стола гайкой	15	19
В центрах	21	26
Установка детали на оправке с подставкой и на подставках	40	40
На дополнительные приемы		
Настройка стакана на нарезание зубчатых колес с наклонным зубом на станках: с дифференциалом без дифференциала	 4 3	 5 3,5
Настройка стакана на нарезание зубчатых колес червячной фрезой методом протягивания или поперечной подачи	3	3,5
Смена оправки фрезы	2	3
Смена фрезерной головки	6	10

Шлицефрезерные станки

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Время, мин
На наладку станка и установку приспособлений	
В центрах или цанговом патроне с центром	20
На дополнительные приемы	
Установка и снятие люнета	4
Смена оправки фрезы	4

Шевинговальные станки

На наладку станка и установку приспособлений	
В центрах на оправке	13
На дополнительные приемы	
Смена шевера	2
Поворот бабки на угол	2,5

Витебский государственный технологический университет

Зубодолбежные станки

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Наибольший модуль, нарезаемый на станке (мм) до	
	6	12
На наладку станка и установку приспособлений		
На оправке	18	22
В приспособлении	20	25
На дополнительные приемы		
Смена направляющих букс	5	6
Смена копира	4	5
Регулировка длины хода долбяка	6	8

Зубострогальные станки

Способ установки детали	Наибольший модуль, нарезаемый на станке (мм) до	
	6	12
На оправке или в цанговом патроне: с регулировкой цанговых головок с установкой мерных прокладок для резцов	 22 20	 30 28

Зубофрезерные станки для конических колес с криволинейными зубьями

Способ установки	Время, мин
На оправке или в цанговом патроне	30

Зубозакругляющие станки

Способ установки детали	Время, мин
На наладку станка и установку приспособлений	
На оправке	12,5
В центрах	11
На дополнительные приемы	
Смена копирного кулачка	4

Таблица Ц.10.7 – Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на горизонтально- и вертикально-протяжные станки, мин

Содержание работы	Масса детали				
	3	10	25	80	свыше 80
На весь комплекс работ, связанных с подготовительно-заключитьным временем	9	11	14	19	24

Витебский государственный технологический университет

Таблица Ц.10.8 – Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на шлифовальных станках, мин

Круглошлифовальные станки

Способ установки детали	Высота центров станка (мм) до	
	150	200
В центрах, в центрах на оправке	7	8
В самоцентрирующем патроне	10	11
В самоцентрирующем патроне и люнете	12	14
В четырехкулачковом патроне и люнете	14	16

Внутришлифовальные станки

Способ установки детали	Наибольший диаметр шлифуемого отверстия (мм) до		
	130	260	500
В самоцентрирующем или цанговом патроне	7		
В четырехкулачковом патроне	15		
В специальном приспособлении для зубчатых колес	16		
В специальном приспособлении: устанавливаемом вручную то же, подъемником	 8 -	 10 13	 12 15

Бесцентровые шлифовальные станки

Способ установки детали	Метод шлифования	Допуск на обработку (мм) до	
		до 0,03	свыше 0,03
На направляющем ноже	Шлифование напроход: со сменой направляющего ножа без смены направляющего ножа	 17 11	 15 9
	Шлифование врезанием с продольным упором: со сменой направляющего ножа без смены направляющего ножа	 20 13	 18 11
	Дополнительное время на каждый проход свыше одного	7	7

Плоскошлифовальные станки

Способ установки детали	Наибольшая длина рабочей поверхности стола или диаметр стола (мм) до	
	1000	2000
Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом		
На магнитном столе	3	4
На столе станка с креплением болтами и планками	6	7
Плоскошлифовальные станки с круглым столом		
На магнитном столе	4	5
В приспособлении или в самоцентрирующем патроне, устанавливаемом на магнитном столе без крепления	6	7
В специальном приспособлении, установленном на	7,5	9

Витебский государственный технологический университет

столе станка с креплением болтами и планками		
Дополнительное время на установку и снятие магн. плиты	3,5	5

Таблица Ц.10.9 – Нормативы подготовительно-заключительного времени

Условия обработки и установки детали	Время, мин
Зубошлифовальные станки	
Обрабатывание по 7-й степени точности двумя тарельчатыми кругами методом обкатки	120
Обрабатывание по 7-й степени точности двумя дисковым кругом методом обработки	160
Обрабатывающие по методу копирования	180
Шлицешлифовальные станки	
Шлифование фасонным кругом внутренней и боковых поверхностей в центрах или цанговом патроне с поджатием центров	23
Шлифование боковых поверхностей двумя цилиндрическими кругами в центрах или цанговом патроне с поджатием центров	18
Шлифование боковых поверхностей двумя коническими кругами в центрах или цанговом патроне с поджатием центров	20
Хонинговальные станки	
Для всех условий установки и обработки	5
Суперфинишные станки	
Для всех случаев обработки и установки	10

Витебский государственный технологический университет

Приложение Ш

Таблица Ш.1 – Комплектность документов для каждого ЕТП в зависимости от условий производства

Тип производства	Стадия разработки технологической документации	Степень детализации описания технологического процесса	Номер варианта комплекта	Условное обозначение видов документов по ГОСТ 3.1102-81 и их применение										Указания по применению
				ТЛ	МК	КТП	ВО	КК	КТИ	ВОП	ОК	КЭ	ТИ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Единичное, мелкосерийное	Предварительный проект. Разработка документации опытного образца (опытной партии), опытного ремонта	Маршрутное	1	○	◍		○	○				○		МК выполняет роль основного документа, где все операции описывают в технологической последовательности без указания переходов и режимов обработки, например ЕТП слесарных, слесарно-сборочных работ
Единичное, мелкосерийное	Предварительный проект Разработка документации опытного образца (опытной партии), опытного ремонта	Маршрутно-операционное	2	○	◍ .		○	○	◍			○		МК выполняет роль основного документа, где все операции описываются в технологической последовательности без указания переходов и режимов обработки. КТИ разрабатывается к отдельным операциям или к ЕТП, где указываются данные по режимам, применяемым материалам, их нормам расхода
Единичное, мелкосерийное	Предварительный проект Разработка документации опытного образца (опытной партии), опытного ремонта	Маршрутно-операционное	3	○	◍		○	○				○		КТП выполняет роль основного документа, специализированного по одному основному технологическому методу, где для ряда операции принято операционное описание, а для других операций, имеющих дополнительный характер – маршрутное. Например, ЕТП аргонодуговой сварки, разработанный на соответствующей КТП, где для операций сварки применено операционное описание

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Ш.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Единичное, мелкосерийное	Предварительный проект Разработка документации опытного образца (опытной партии), опытного ремонта	Маршрутно-операционное	4	○	◍		○	○		◍		○		МК выполняет роль основного документа, где для большей части операций в МК применено маршрутное описание, а для отдельных операций – операционное в ВОП, с последующей ссылкой в МК на обозначение ВОП, например ЕТП сборки, где для всех операций сборки применено маршрутное описание в МК, а для операций технического контроля - операционное в ВОП
Единичное, мелкосерийное	Предварительный проект Разработка документации опытного образца (опытной партии), опытного ремонта	Маршрутно-операционное	5		◍		○	○			◍	○		МК выполняет роль основного документа, где для большей части операций принято маршрутное описание Остальные операции, имеющие ссылки на обозначения соответствующих ОК, имеют операционное описание в ОК, например ЕТП пайки, в котором для операций, связанных с подготовкой к пайке, принято маршрутное описание в МК, а для операций пайки - операционное в ОК
Единичное, мелкосерийное	Предварительный проект Разработка документации опытного образца (опытной партии), опытного ремонта	Маршрутно-операционное	6	○	◍		○	○	◍			○		МК выполняет роль основного документа, где для большей части операций принято маршрутное описание в МК, а для отдельных операций - операционное в КТИ, с последующей ссылкой в МК на обозначение КТИ. В зависимости от форм КТИ, допускается в МК применять операционное описание операций.

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Ш.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Среднесерийное, крупносерийное	Разработка документации серийного (массового) производства, в том числе ремонтного	Операционное	7	○	◍		○	○			◍	○		МК выполняет роль сводного документа, содержащего данные в технологической последовательности по всем операциям конкретного процесса с указанием номеров цехов, участков, рабочих мест, операций, наименований операций, состава документов, используемых при выполнении операций, оборудования и трудозатрат В соответствующей ОК описывается каждая операция с применением операционного описания
Среднесерийное, крупносерийное	Разработка документации серийного (массового) производства, в том числе ремонтного	Операционное	8	○	◍		○	○	◍			○		МК выполняет роль основного документа, где для всех операций принято операционное описание. Дополнительная информация по наладке оборудования, технологическим режимам, относящаяся ко всему ЕТП, указывается в соответствующей КТИ. В качестве первого листа следует применять КТИ, а продолжение форм МК - в качестве последующих листов комплекта ЕТП. Например ЕТП литья в песчаные формы, в котором описание операций выполнено на формах 1б ГОСТ 3.1118-82, а указание информации, имеющей общий характер для всего процесса, в КТИ, которая является первым листом комплекта документов. Данный вариант комплектности следует применять для процессов литья, ковки и горячей штамповки

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Ш.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Среднесерийное, крупносерийное	Разработка документации серийного (массового) производства, в том числе ремонтного	Операционное	9	○	◍		○	○		◍	◍	○		МК выполняет роль сводного документа (см. указание к варианту комплекта № 7). Операционное описание операций выполняется в ВОП и в ОК. Например, ЕТП обработки резанием, основные операции которого выполнены на ОК, а операции технического контроля - в ВОП
Среднесерийное, крупносерийное	Разработка документации серийного (массового) производства, в том числе ремонтного	Операционное	10	○	○	◍	○	○			○	○		КТП является основным документом, в котором для всех операций принято операционное описание. Допускается в состав комплекта документов включать соответствующие ОК для описания операций другого метода. Например, ЕТП обработки резанием, описание операций которого выполнено на КТП, а описание операций технического контроля - на ОК
Среднесерийное, крупносерийное	Разработка документации серийного (массового) производства, в том числе ремонтного	Операционное	11	○	◍		○	○				○	◍	МК выполняет роль сводного документа. В ТИ описываются все операции в технологической последовательности их выполнения с применением операционного описания. Допускается в состав комплекта документов на ЕТП форму МК не включать при отсутствии необходимости решения задач по нормированию трудозатрат, загрузке оборудования

Примечания:

1. ◍ - документ обязательный; ○ - документ, применяемый по усмотрению разработчика.

Витебский государственный технологический университет

Приложение Щ

Таблица Щ.1 – Варианты основных комплектов документов на ТТП (ГТП) и примеры полной и сокращенной записи содержания переходов и графического изображения обрабатываемых поверхностей

Тип производства	Стадия разработки технологической документации	Степень детализации описания технологического процесса	Номер варианта комплекта	Условное обозначение вида документа по ГОСТ 3.1102-81												Указания по применению
				ТЛ	МК	КТТП	ВТД	ВТП	ВО	КК	КТИ	КТО	ВТО	КЭ	ТИ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Единичное, мелкосерийное	Предварительный проект. Разработка документации опытного образца (опытной партии, опытного ремонта)	Маршрутное	1	○	●		○	●	○	○				○		МК выполняет роль основного документа, где все операции одного или разных методов описываются в технологической последовательности без указания переходов. В содержании операции указывают общие действия, характерные для всей группы изделий с указанием общих данных по средствам технологического оснащения, трудовым и материальным затратам
		Маршрутно-операционное	2	○	●		○	●	○	○		●	●	○		МК выполняет роль основного документа, где для большей части операций одного или разных методов применяется маршрутное описание, а для отдельных - операционное в КТО совместно с ВТО. Выбор применения вида описания операций определяет разработчик документов

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Щ.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			4	○	●		○		○	○	●			○		МК выполняет роль основного документа, где для операций одного или разных методов применяется маршрутное и операционное описание. Переменные данные указывают в КТИ с привязкой к обозначению изделия (составной его части)
			5	○	●		○	●	○	○				○	●	МК выполняет роль основного документа, где для большей части операций одного или разных методов применяется маршрутное описание, а для других - операционное в ТИ

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Щ.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Среднесерийное, крупносерийное	Разработка документации серийного (массового) производства, в том числе ремонтного	Операционное	6	○	●		○	○	○	○		●	●	○		МК выполняет роль сводного документа, содержащего данные по порядку выполнения операций и составу документов, применяемых при выполнении операций. Операционное описание выполняется в КТО совместно с ВТО. Сводные данные по трудозатратам с привязкой к изделию (составной его части) рекомендуется указывать в ВТП
			7	○	●		○		○	○	●			○		МК выполняет роль основного документа, где для всех операций одного или разных методов применено операционное описание. Переменные данные указывают в КТИ с привязкой к обозначению изделия
			8	○		●	○	●	○	○				○		КТТП выполняет роль основного документа, где для всех операций одного или разных методов применено операционное описание. Переменную информацию, относящуюся к каждому обозначению изделия, указывают в ВТП
			9	○		●	○		○	○	●			○		КТТП выполняет роль основного документа, где для всех операций одного или разных методов применено операционное описание. Переменную информацию, относящуюся к обозначению изделия, указывают в соответствующих КТИ

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Щ.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Среднесерийное, крупносерийное	Разработка документации серийного (массового) производства, в том числе ремонтного	Операционное	10	○	●		○	●	○	○	○			○	●	МК выполняет роль и основного, и сводного документа. Возможны случаи частичного описания операций и в МК, и в ТИ. Переменную информацию, относящуюся к каждому обозначению изделия, указывают в ВТП или, при замене ее, в КТИ
Среднесерийное, крупносерийное	Разработка документации серийного (массового) производства, в том числе ремонтного	Операционное	11	○	●		○		○	○	●			○	●	Данный вариант следует применять для операций на отдельные технологические методы, формы и правила оформления которых не регламентированы стандартами ЕСТД

Примечания:

1. ● - документ обязательный.

   ○ - документ, применяемый по усмотрению разработчика.

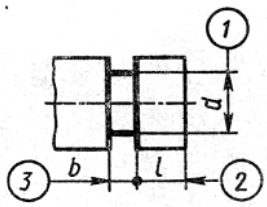
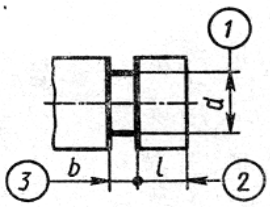
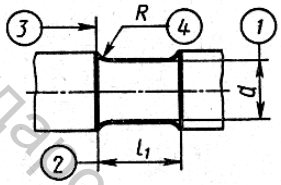
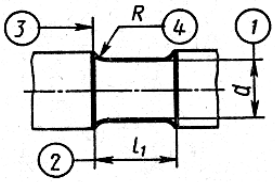
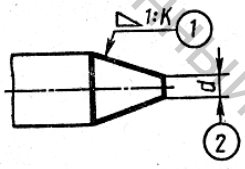
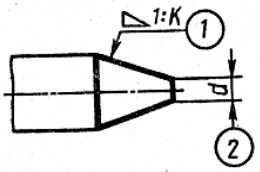
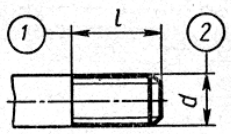
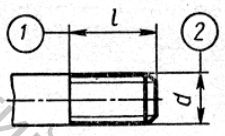
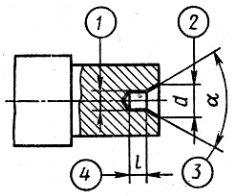
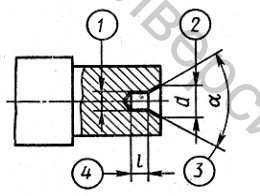
2. ТИ в данной таблице относятся к документам, выполняющим функции не технологических инструкций, а других видов документов, формы и правила оформления которых не предусмотрены стандартами ЕСТД и отраслевыми НТД. В данном случае они выполняют функции других документов. Например ТИ/КТО; ТИ/КТТП.

3. Допускается для всех вариантов комплектов документов взамен ВТП применять формы МК с указанием переменной информации только на изделия и их составные части одного обозначения, а также МК/ВТП или КТИ.

4. Для варианта 6 комплекта документов допускается взамен ВТО применять ВТП, которая будет содержать переменные данные по всему процессу, относящиеся к каждому обозначению изделия или его составной части.

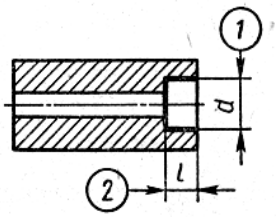
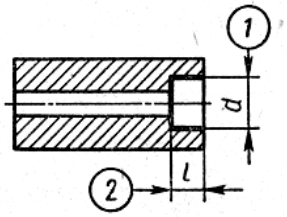
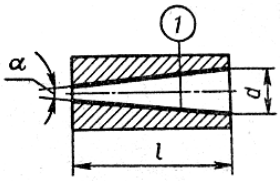
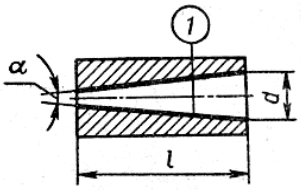
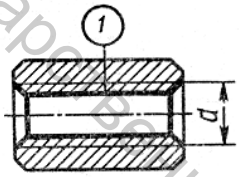
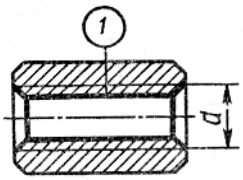
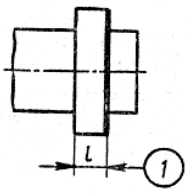
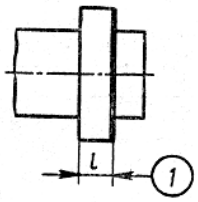
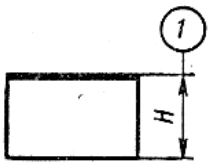
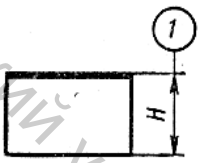
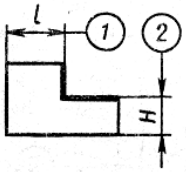
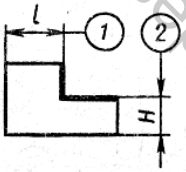
Витебский государственный технологический университет

Таблица Щ.2 – Примеры полной и сокращенной записи содержания переходов и графического изображения обрабатываемых поверхностей

Полная запись перехода	Эскиз	Сокращенная запись перехода	Эскиз
1	2	3	4
Точить (шлифовать, полировать) канавку, выдерживая размеры 1-3		Точить (шлифовать, полировать) канавку 1 [36]	
Точить (шлифовать, полировать) выточку, выдерживая размеры 1-4		Точить (шлифовать, полировать) выточку 1	
Точить (шлифовать, притереть) конус, выдерживая размеры 1 и 2		Точить (шлифовать, притереть) конус 1	
Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать) резьбу, выдерживая размеры 1 и 2		Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать) резьбу 1	
Центровать торец, выдерживая размеры 1, 2, 3, 4		Центровать торец 1	

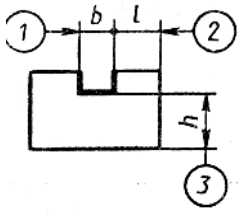
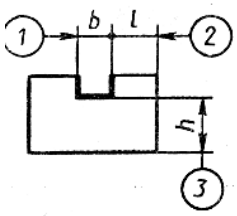
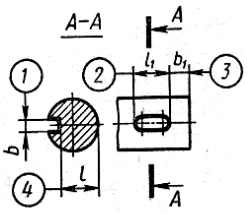
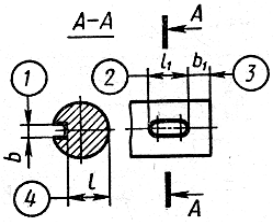
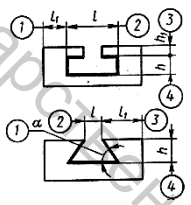
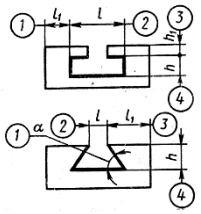
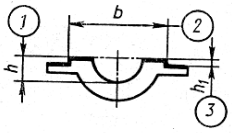
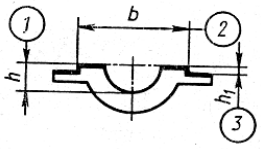
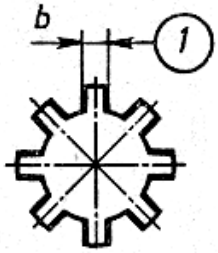
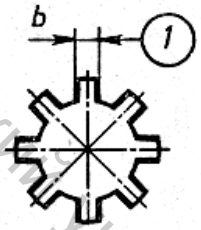
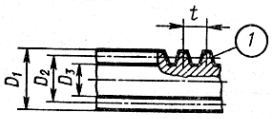
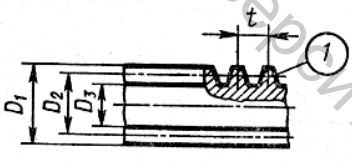
Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы Щ.2

1	2	3	4
Расточить (зенкеровать, шлифовать) отверстие, выдерживая размеры 1 и 2		Расточить (зенкеровать, шлифовать) отверстие 1	
Развернуть (расточить, зенкеровать) коническое отверстие, выдерживая размеры 1-3		Развернуть (расточить, зенкеровать) коническое отверстие 1	
Нарезать (шлифовать, довести) резьбу, выдерживая размер 1		Нарезать (шлифовать, довести) резьбу 1	
Подрезать (шлифовать, полировать) торец бурти-ка, выдержи-вая размер 1		Подрезать (шлифовать, полировать) торец бурти-ка 1	
Строгать (фрезеровать, шлифовать) поверхность, выдерживая размер 1		Строгать (фрезеровать, шлифовать) поверхность 1	
Шлифовать (фрезеровать, строгать) по-верхность, выдерживая размеры 1 и 2		Шлифовать (фрезеровать, строгать) по-верхность 1	

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Щ.2

1	2	3	4
Протянуть (строгать, фрезеровать, шлифовать) поверхность, выдерживая размеры 1-3		Протянуть (строгать, фрезеровать, шлифовать) поверхность 1	
Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры 1-4		Фрезеровать шпоночный паз 1	
Протянуть (фрезеровать) паз, выдерживая размеры 1-4		Протянуть (фрезеровать) паз 1	
Фрезеровать (шлифовать, полировать) поверхности, выдерживая размеры 1-3		Фрезеровать (шлифовать, полировать) поверхности 1 и 2	
Фрезеровать (шлифовать, полировать) боковые поверхности шлицев, выдерживая размеры 1-3		Фрезеровать (шлифовать, полировать) боковые поверхности шлицев 1	
Нарезать (фрезеровать, шлифовать) червяк, выдерживая размеры 1-4		Нарезать (фрезеровать, шлифовать) червяк 1	

Витебский государственный технологический университет

Приложение Э

Таблица Э.1 – Коды характеристики технологических документов

Код	Характеристика технологического процесса [86]
1	2
1 Вид технологического документа	
01	Комплект технологических документов
10	Маршрутная карта
20	Карта эскизов
25	Технологическая инструкция
30	Комплектовочная карта
40	Ведомость документов
41	Ведомость расцеховки
42	Ведомость оснастки
43	Ведомость материалов
44	Ведомость деталей (сборочных единиц)
45	Ведомость изделий
50	Карта технологического процесса
60	Операционная карта
71	Операционная расчетно-технологическая карта
72	Ведомость операций
2 Вид технологического процесса по его организации или метод его организации	
0	Без указания
1	Единичный процесс (операция)
2	Типовой процесс (операция)
3	Групповой метод (операция)
3 Вид технологического процесса по методу выполнения	
00	Без указаний вида технологического процесса
01	Технологический процесс изготовления изделия
02	Ремонт
03	Технический контроль
04	Перемещение
05	Складирование
06	Раскрой и отрезка заготовок
07	Изготовление деталей из отходов
10	Литье
11	Литье в песчаные формы
12	Литье в металлические формы
13	Литье в оболочковые формы и облицованные кокили
14	Литье по выплавляемым моделям
15	Изготовление стержней

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы Э.1

21	Ковка и холодная штамповка
30	Холодная штамповка
40	Механическая обработка
41	Обработка на многошпиндельных автоматах и полуавтоматах
42	Обработка на многошпиндельных и одношпиндельных автоматах и полуавтоматах
43	Обработка на одношпиндельных автоматах и полуавтоматах
44	Обработка на автоматах продольного точения
45	Групповая наладка на многошпиндельных и одношпиндельных автоматах
46	Обработка на станках с ЧПУ
50	Термическая обработка
51	Термическая обработка с нагревом ТВЧ
60	Изготовление деталей из пластмасс
61	Прессование деталей из пластмасс
62	Литье деталей из пластмасс под давлением
б3	Экструзия деталей из пластмасс
65	Изготовление деталей методом порошковой металлургии
70	Нанесение защитного и защитно-декоративного покрытия
71	Нанесение химического, электрохимического покрытий и химическая обработка
72	Электрохимическая обработка
73	Нанесение лакокрасочного покрытия
74	Нанесение стеклоэмалевого и полимерного покрытия
75	Электрофизическая обработка
76	Электроискровая и электроимпульсная обработка
77	Электроконтактная обработка
78	Анодно-механическая обработка
79	Ультразвуковая обработка
80	Пайка
81	Пайка в печи и в ванне
82	Газопламенная пайка и пайка паяльником
88	Слесарные, слесарно-сборочные и электромонтажные работы
89	Обмоточно-изолировочные и пропиточно-сушильные работы
90	Сварка
91	Дуговая и электрошлаковая сварка
92	Газовая сварка и резка
93	Точечная контактная и шовная контактная сварка
94	Стыковая контактная сварка
95	Электронно-лучевая сварка
96	Сварка трением

Витебский государственный технологический университет

Приложение Ю

Пример оформления технологической документации

ГОСТ 3.1122-84 ФОРМА 5

Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
Разраб.	Иванов И.И.			УО «ВГТУ»		**ВГТУ.01.10.101**			ВГТУ.40040.00002								
Проверил	Петров П.П.																
Нормир.																	
Утв.						**Корпус**											
Н.контр.																	

С	НПП	Обозначение ДСЕ	Наименование ДСЕ				КП
Ф	НПП	Обозначение комплекта ТД	Наименование комплекта ТД				
Г	Обозначение ТД		Услов.обозн.	Лист	Листов	Примечание	
Ф01	1	01040.00001	Комплект технологической документации				
Г02	2	40040.00002	ВТД	1	1	Ведомость технологических документов	
Г03	3	01040.00003	ТЛ	2	1	Титульный лист	
Г04	4	10040.00004	МК	3	1	Маршрутная карта	
Г05	5	60040.00005	ОК	4	1	Операционная карта	
Г06	6	20040.00006	КЭ	5	1	Карта эскизов	
Г07	7	20071.00007	ОКК	6	1	Операционная карта контроля	
Г08							

ВТД	

Рисунок Ю.1 – Ведомость технологических документов

Витебский государственный технологический университет

Витебский государственный технологический университет

ГОСТ 3.1105-85 ФОРМА 2

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

			5	1
УО «ВГТУ»	**ВГТУ.01.10.101**		ВГТУ.01040.00003	
	Корпус			

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

КОРПУСА ВГТУ.01.10.101

Разработал
ст. гр. Тм-27 _____ И.И. Иванов

Проверил
к.т.н., доц. _____ П.П. Петров

ТЛ	Титульный лист

Рисунок Ю.2 – Титульный лист

Витебский государственный технологический университет

ГОСТ 3.1118-82 ФОРМА 1

| | | |

Витебский государственный технологический университет

ГОСТ 3.1404-86 ФОРМА 3

| | | |

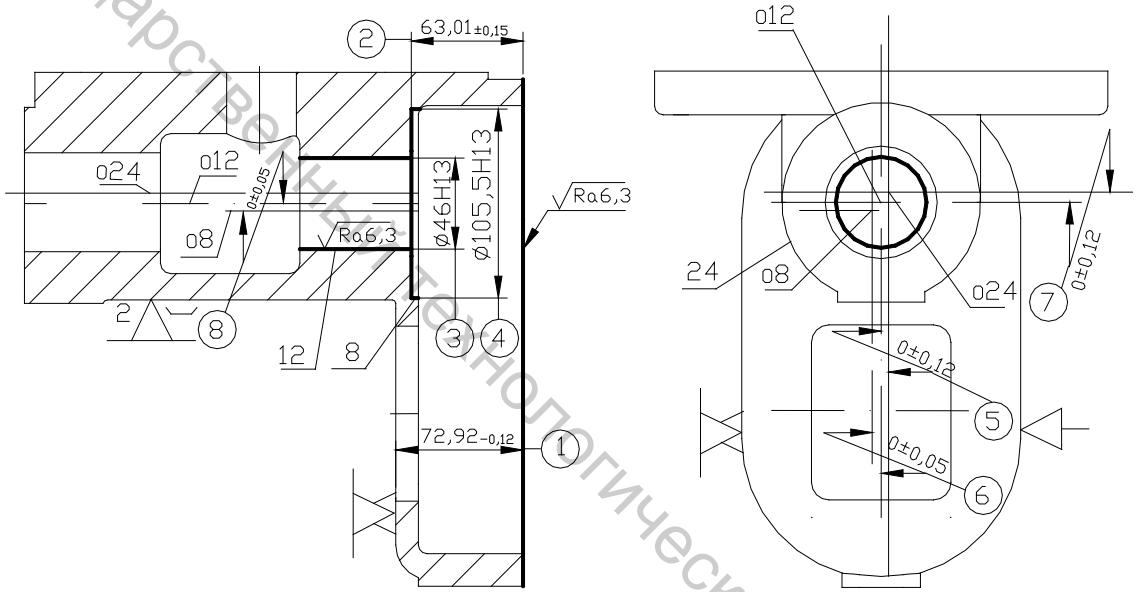
Витебский государственный технологический университет

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7

Дубл.						469	1
Взам.							
Подл.							
Разраб.	Иванов И.И.			УО «ВГТУ»	ВГТУ.01.10.101		ВГТУ.20040.00
Утверд.	Петров П.П.						
Нормир.							
М. эксп.							
Н. контр.							

Корпус

Ra 12, 5



IT 12

КЭ	Карта эскизов

Рисунок Ю.5 – Карта эскизов

ГОСТ 3.1502-85 ФОРМА 2

Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
																1	1
Разраб.	Иванов И.И.			УО «ВГТУ»		**ВГТУ.01.10.101**										ВГТУ.01071.00007	
Пров.	Петров П.П.																
Утв.																	
М.Эксп						**Корпус**										005	
Н.Контр.																	

Наименование операции			Наименование, марка материала		МД
Контрольная			СЧ20 ГОСТ 1412-79		
Наименование оборудования	То	Тв		Обозначение ИОТ	
Стол контрольный	5,2	-		№ 25	

Р	Контролируемые параметры	Код средств ТО	Наименование средств ТО	Объем и ПК	То/Тв
01	72,92(-0,12),	ГОСТ 166-89	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0.01	25	0,3
02	63,01±0,15	ГОСТ 7470-78	Глубиномер	31	1,3
03	Ø46H13	ГОСТ 868-82	Нутромер	32	1,2
04	Ø105,5H13	ГОСТ 166-89	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0.01		
05	Шероховатость		Образцы шероховатости	30	0,8
06	плоскости				
...	...	...	...	...	...
ОКК	Технический контроль				

Рисунок Ю.6 – Карта технического контроля

Витебский государственный технологический университет

Приложение Я

Оформление некоторых структурных элементов



Рисунок Я.1 – Порядок оформления эскизов операций

Витебский государственный технологический университет

РАЗМЕРНАЯ СХЕМА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПО ОСИ

Исходный и производный графы

Уравнения
размерных
цепей

Таблица
размерных
параметров

Основная надпись (штамп)

Витебский государственный технологический университет

Рисунок Я.2 – Порядок оформления размерных схем

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология и оборудование машиностроительного производства»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по технологии машиностроения

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСА КР.01.00.00

Выполнил
студент группы 5Тм-1
Иванов И.И.

Проверил
к.т.н., доц. Петров П.П.

Витебск
2016

Витебский государственный технологический университет

Рисунок Я.3 – Оформление титульного листа расчетно-пояснительной записки

Учебное издание

Беляков Николай Владимирович
Махаринский Юрий Ефимович
Ольшанский Валерий Иосифович
Горохов Вадим Андреевич

СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Учебное пособие

Редактор *В.И. Ольшанский*
Корректор *Н.В. Медведева*
Технический редактор *А.А. Угольников*
Компьютерная верстка *Н.В. Беляков*

Подписано к печати 13.01.17. Формат 60x90 1/16.
Усл. печ. листов 14,78. Уч.-изд. листов 28,0. Тираж 200 экз.
Зак. 16.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» 210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Витебский государственный технологический университет