

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления подготовки 15.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра машиностроения

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления подготовки 15.03.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК УДК 621.9 (073)

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ: Методические указания к практическим занятиям для студентов бакалавриата направления подготовки 15.03.01 / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Д.Ю. Тимофеев, А.Д. Халимоненко, А.Е. Ефимов, А.И. Кексин*. СПб, 2021. 56 с.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технология машиностроения» предназначены для студентов направления подготовки 15.03.01 Машиностроение профиля подготовки «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

Научный редактор: проф. *В.В. Максаров*

Рецензент: канд. техн. наук *Е.В. Богданова* (АО «Концерн «Океанприбор»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления 15.03.01*

Сост. *Д.Ю. Тимофеев, А.Д. Халимоненко, А.Е. Ефимов, А.И. Кексин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
машиностроения

Ответственный за выпуск *Д.Ю. Тимофеев*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 10.06.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 3,3. Усл.кр.-отт. 3,3. Уч.-изд.л. 3,0. Тираж 75 экз. Заказ 568.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ВВЕДЕНИЕ

Целью практических занятий по дисциплине «Технология машиностроения» является выполнение практических работ для приобретения студентами навыков проектирования технологических процессов и операций изготовления деталей машин заданного качества в заданном количестве при высоких технико-экономических показателях производства.

Практические работы являются самостоятельными инженерными работами студентов.

Задачи практических занятий:

- применение на практике изученных теоретических основ технологии машиностроения и обоснование принимаемых решений при проектировании и управлении процессами создания и изготовления машин на должном научно-техническом уровне;
- формирование представлений о современном уровне развития технологии машиностроения;
- формирование навыков проектирования технологических процессов и операций изготовления деталей машин;
- формирование навыков расчета технологических размерных цепей;
- формирование навыков обоснованного выбора технологического оборудования, инструментов и технологической оснастки;
- формирование способностей для обеспечения должного научного уровня принимаемых решений при проектировании и управлении процессами изготовления деталей машин;
- развитие мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в профессиональной области.

Выполнение практических работ является основой не только для выполнения курсового проектирования по дисциплине «Технология машиностроения», но и подготовкой к завершаемому этапу обучения студента в университете, т.е. к выполнению выпускной квалификационной работы (ВКР).

Каждый студент для выполнения практических работ получает индивидуальное задание, которое содержит:

- эскиз заготовки, поступающей на операцию механической обработки;
- операционный эскиз;
- модель станка для выполнения технологической операции (модель станка выбирается по согласованию с руководителем практических занятий).

Отчет по практическим работам после проверки руководителем и внесения в него соответствующих исправлений и дополнений допускается к защите.

Отчет по практическим работам должен содержать следующие материалы:

- расчетно-пояснительную записку (10...15 страниц);
- комплект схем с операционными эскизами, расчетно-технологическими картами (РТК), схемами наладки станков с ЧПУ;
- комплект технологической документации с маршрутными (операционными) картами и картами наладки.

Все материалы следует сброшюровать в папку и снабдить ее титульным листом. Расчетно-пояснительная записка оформляется с учетом требований ГОСТ Р 2.105-2019 и ГОСТ 7-32-2017.

Рукописный текст записки представляется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4.

Размеры полей: левого – 35 мм; правого – 10 мм; верхнего и нижнего – 20 мм.

Пояснительная записка отчета по практическим работам должна иметь сквозную нумерацию страниц. Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин.

При использовании тех или иных методик расчета, теоретических положений или различных справочных материалов в тексте отчета должны делаться ссылки на соответствующие литературные источники, которые представляют собой порядковый номер источника в перечне используемой литературы, заключенный в квадратные скобки.

В конце отчета в перечне используемой литературы указываются порядковый номер источника, фамилия автора и инициалы, наимено-

вание источника, издательство и год издания. Все рисунки в отчете должны иметь номера и названия. Буквенные, обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин в международной системе СИ.

Карты эскизов выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1103-2011 и ГОСТ 3.1130-93 на бланках формата А4 по ГОСТ 3.1105-2011 форма 5 или на листе бумаги формата А4. Методы оформления операционных эскизов подробно изложены в [7] и [8].

Операционная карта (ОК) заполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1118-82 с учетом общих требований к заполнению технологических карт по ГОСТ 3.1130-93.

Студенты, успешно выполнившие и защитившие практические работы, допускаются к экзамену по дисциплине «Технология машиностроения».

В рамках освоения дисциплины «Технология машиностроения» на практических занятиях студентам предлагается выполнить два задания:

- Задание №1 «Разработка операции технологического процесса, выполняемой на токарном станке с ЧПУ»;

- Задание №2 «Разработка операции технологического процесса, выполняемой на сверлильно-фрезерно-расточном станке с ЧПУ».

В заданиях должны быть последовательно отражены решения следующих тем практических занятий:

- Анализ служебного назначения и технологичности конструкции деталей различных типов (станин, корпусных деталей, валов, втулок, фланцев и т.д.);

- Анализ особенностей проектирования технологических процессов (ТП) изготовления деталей для гибких производственных систем (ГПС), агрегатных станков и автоматических линий;

- Установление планов обработки поверхностей заготовок деталей машин;

- Разработка технологического маршрута обработки заготовок деталей машин;

- Проектирование технологической операции обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ с определением структуры операции;
- Проектирование технологической операции обработки заготовки на фрезерно-сверлильно-расточном станке с ЧПУ с определением структуры операции;
- Расчет размерных технологических цепей по методу полной взаимозаменяемости (размерно-точностной анализ по линейным и диаметральному размерам);
- Составление и разработка расчетно-технологических карт (РТК), нормирование технологических операций, выполняемых на станках с ЧПУ;
- Заполнение технологической документации (маршрутные и операционные карты, карты эскизов).

Общие методические рекомендации

Выполнение заданий состоит из следующих этапов:

- определение наименований, материала и количества инструментов в наладке;
- определение структуры операций;
- расчет режимов обработки;
- проектирование схемы наладки;
- разработка расчетно-технологической карты;
- проведение технического нормирования;
- заполнение технологической документации.

Определение наименований, материала и количества инструментов в наладке. Технологически необходимые инструменты составят комплект, состав которого зависит от вида заготовки, ее конфигурации и технологических возможностей станка [1-9].

При проектировании операций, выполняемых на токарных, фрезерных, сверлильных, многооперационных станках с ЧПУ, для выбора наименований инструментов в наладке и материала режущего инструмента, следует использовать указания, представленные в [9].

Определение структуры операции. Структура операции определяется количеством заготовок, одновременно устанавливаемых в приспособлении или на столе станка, количеством инструментов, используемых при выполнении операции.

При определении структуры операции основой является построение технологической последовательности обработки, в ходе которой проводится анализ технической возможности и экономической целесообразности концентрации обработки путем применения наборов нормального режущего инструмента или специальных режущих инструментов (в том числе фасонных), а также использования специальных многоинструментальных державок, параллельной или последовательной обработки отдельных поверхностей или заготовки в целом.

В ходе построения технологической последовательности обработки и структуры операции следует использовать рекомендации по типовым схемам обработки, представленные в [1-4], [9].

Расчет режимов обработки. Важным этапом проектирования операции является установление рациональных режимов резания. В обычных условиях обработки режимы резания назначают исходя из задачи достижения высокой производительности при малых затратах на режущий инструмент и сохранении его высокой стойкости. В случае точной обработки заготовок, кроме требований высокой производительности и экономичности, выдвигается задача обеспечения требуемой точности.

Глубину резания при черновой обработке берут предельно допустимой по прочности наиболее слабого звена данной системы обработки; при окончательной обработке глубину резания назначают в зависимости от заданной точности и шероховатости поверхности, используя рекомендации [1-4], [9]. Подачу и скорость резания выбирают по нормативам или рассчитывают по формулам теории резания [9].

Проектирование схемы наладки. После определения структуры операции и расчета режимов обработки проектируется схема наладки станка. При этом выполняются необходимые расчеты точности настройки, определяются рабочие циклы станка, требования взаимного расположения инструментов, уточняются режимы обработки.

Проектирование наладок в общем случае осуществляется в следующей последовательности:

1. Выполняются расчеты точности настройки станка на настроечные размеры (определение среднего настроечного размера, допуска на настройку или расчет предельных настроечных размеров). Проводится размерно-точностной анализ. При этом следует использовать руководящие материалы и формулы, представленные в [1-2].

2. Составляется предварительный план размещения инструмента в суппортах и инструментальных головках по отдельным переходам. Размещение одновременно работающих инструментов должно по возможности предусматривать взаимное уравновешивание возникающих сил резания.

Увеличение одновременно работающих инструментов может привести к тому, что мощность станка окажется недостаточной, и тогда придется снижать режимы обработки. С другой стороны,

большое количество одновременно работающих инструментов увеличивает простой станка, связанные с необходимостью замены затупившегося инструмента. Это дополнительно снижает режимы резания, что увеличивает основное время.

В результате штучное время операции с увеличением числа режущих инструментов в наладке сначала снижается, а затем, при превышении некоторой оптимальной величины инструментов, возрастает. Поэтому необходимо провести расчеты целесообразной степени концентрации наладки станка. Для этого производится техническое нормирование различных вариантов наладки (в том числе малоинструментальных наладок, предусматривающих обработку по высоким режимам резания одним-двумя инструментами) и выбирается вариант, предусматривающий наивысшую производительности обработки с учетом мощности станка, фактических режимов резания, стойкости инструментов и потерь времени на переточку и подналадку, а также с учетом времени на саму наладку станка.

3. Производится окончательная компоновка инструментов в наладке станка и корректирование режимов резания.

4. Оформляются схемы наладки станка с указанием размещения инструментов, рабочих и холостых движений.

При оформлении схем наладок для станков с ЧПУ следует указывать способ крепления, контуры обрабатываемых элементов, контуры срезаемого припуска (тонко), расстояние от оси резцедержателя до базовой плоскости и для оси вращения шпинделя для токарных станков; координаты инструмента в нулевом положении относительно осей X, Y, Z для сверлильных, фрезерных и многооперационных станков; расстановку инструмента в резцедержателе или магазине, вылеты инструментов от оси резцедержателя (или шпинделя) в продольном и поперечном направлениях, инструмент или блок для обработки каждой поверхности заготовки.

При разработке схем наладок следует использоваться руководящие материалы [1-4], [9].

Разработка расчетно-технологической карты. Расчетно-технологическая карта проектируется на основе операционной технологии и схемы движения режущих инструментов.

Для разработки схемы движения режущих инструментов необходимо построить траектории рабочих и вспомогательных перемещений инструментов при обработке поверхностей заготовки.

Траектория движения инструмента начинается в исходной (нулевой) точке программы. На схеме движения инструментов изображаются траекториями движения режущих кромок. При этом следует учитывать диаметр режущего инструмента. Обычно для фрезерных, сверлильных, станков с ЧПУ и многоцелевых станков вычерчивают движение центра инструмента: сверла, фрезы, борштанги и т.п.

Для токарных станков при обработке заготовок с прямоугольными образующими вычерчивают траекторию фиксированной точки, которая является точкой пересечения касательных, проведенных параллельно осям координат и радиусу резца. При обработке сферических поверхностей вычерчивается траектория центра радиуса вершины резца.

Сплошными линиями указываются рабочие движения, в пунктирными - холостые.

Последовательно расположенные опорные точки, в которых происходит изменение направления движения инструмента, обозначают арабскими цифрами. Направление движения указывается стрелкой.

Эта схема предназначена для учета всех без исключения перемещений инструментов как по величине, так и по направлению. Следует вычерчивать схему движения для каждого инструмента отдельно. Схема движения инструмента показывается для токарных станков в координатной плоскости XOZ , а для станков фрезерно-сверлильной группы - в координатных плоскостях XOZ и XOY .

Проектирование схемы движения инструментов должно завершиться вычерчиванием обрабатываемого контура заготовки и соответствующей ему траектории инструмента с нанесением осей координат заготовки и указанием координат ее базовых поверхностей в этой системе отсчета, т.е. расстояния от нулевой точки заготовки до исходной точки программы.

На этом этапе необходимо закрепить за каждым инструментом определенные номера корректоров. Введенные с пульта ЧПУ коррекции компенсируют погрешности системы обработки, возникаю-

щие при настройке и работе станка и вызванные неточностью положения на станке режущего инструмента, деформациями системы обработки и другими факторами. Периодической коррекцией можно также компенсировать износ режущего инструмента.

Координаты всех опорных точек траекторий инструментов рассчитывают в выбранной системе координат - от начала декартовой системы координат заготовки, которое было принято при разработке технологического процесса.

Если координаты точки определяют выполнение размера заготовки с допуском (заданного чертежом или технологией), то этот размер должен задаваться в тех значениях, которыми обеспечивается выполнение его в пределах допуска. При механической обработке поверхностей в «+», для внутренних – в «-», за счет упругих отжатий и износа инструмента координаты следует задавать в пределах 1/3 поля допуска: у вала - ближе к нижнему, а у отверстия - к верхнему пределу.

Для станков с относительным способом отсчета координат в расчетно-технологическую карту (РТК) записывают приращения координат при последовательном переходе от точки к точке. При абсолютном способе отсчета координат величины приращений в РТК можно не вносить. Кроме приращений, в РТК необходимо также записать подачу, частоту вращения, номер корректора, основное время и время холостых ходов.

Технологическое нормирование, заполнение технологической документации. После разработки схемы наладки и РТК следует провести техническое нормирование проектируемой операции, используя руководящие материалы и формулы, представленные в [1-9].

После нормирования операции заполняют технологическую документацию согласно ГОСТ 3.1105-2011.

Примеры выполнения заданий

Задание №1 «Разработка операции технологического процесса, выполняемой на токарном станке с ЧПУ»

Операция выполняется на токарном патронно-центровом станке модели 16К20Ф3. Эскиз заготовки из стали 40ХН и операционный эскиз представлены на рис. 1.

На проектируемой операции, согласно операционному эскизу, поверхности необходимо обработать следующим образом:

- подрезать торец, обеспечивая шероховатость $Ra = 10$ мкм и линейный размер $\varnothing 49,4^{+0,25}$ мм;

- проточить наружную цилиндрическую поверхность, обеспечивая шероховатость $Ra = 5$ мкм и диаметр $\varnothing 80,5_{-0,14}$ мм с подрезкой прилегающего буртика, обеспечивая шероховатость $Ra = 10$ мкм и размер $11,3_{-0,27}$ мм;

- расточить отверстие, обеспечивая шероховатость $Ra = 5$ мкм и диаметр $\varnothing 49,6^{+0,062}$ мм;

- точить наружную канавку, выдерживая размеры $\varnothing 76_{-0,3}$ мм и $19,7_{-0,21}$ мм.

Для определения количества инструментов в наладке необходимо учитывать следующее:

1. Используя данные рис. 1, определим величину припуска при обработке наружной цилиндрической поверхности:

$$z_{min} = \frac{D_{min}^{заг} - D_{max}^{дет}}{2} = \frac{85,1 - 80,50}{2} = 2,30 \text{ мм};$$

$$z_{max} = \frac{D_{max}^{заг} - D_{min}^{дет}}{2} = \frac{87,3 - 80,36}{2} = 3,47 \text{ мм};$$

Здесь $D_{min}^{заг}$, $D_{max}^{дет}$, $D_{min}^{заг}$, $D_{max}^{дет}$ – минимальные, максимальные диаметры заготовки и детали соответственно.

Штамповка ГКМ

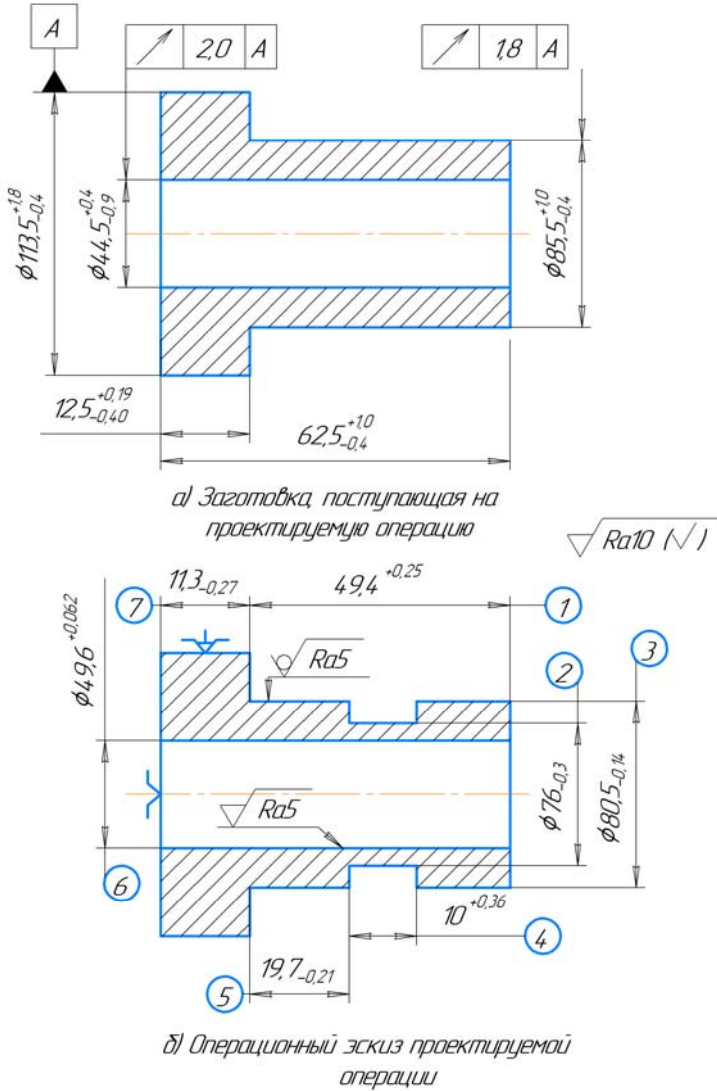


Рис. 1. Эскиз заготовки и операционный эскиз

Полученная величина колебаний припуска превышает регламентированную для получения $Ra = 5$ мкм глубину резания, равную $0,5 \dots 1$ мм [9]. Таким образом, обработку этой поверхности будем выполнять за несколько рабочих ходов, используя два резца: один для черновой обработки, а второй для чистовой. Это заставляет выделить чистовую зону обработки, для которой величина глубины резания не превышает регламентированной. Определим промежуточный диаметр, используя формулы, представленные в [9]:

$$D_{i-1} = D_i + 2Z_{min} + ei_{i-1}.$$

где D_{i-1} – искомый промежуточный диаметр обработки; Z_{min} – минимальный припуск на обработку:

$$Z_{min} = (R_z + h)_{i-1} + e_{max},$$

здесь $R_{z(i-1)}$ – высота неровностей профиля, оставшаяся от предыдущей обработки и равная после чернового точения $0,1$ мм [9]; h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя после предшествующего перехода, равная после чернового точения $0,1$ мм [9]; e_{max} – суммарные пространственные погрешности предшествующих и выполняемого перехода, определяемые по формуле [9]:

$$e_{max} = \sqrt{(\Delta)^2 + (\xi_y)^2},$$

где Δ - несоосность между базовой и обрабатываемой поверхностями, оставшаяся после предыдущей обработки и равная $0,9$ мм (рис. 1, б); ξ_y – неравномерность припуска, вызванная погрешностью базирования и определяемая по эмпирической формуле [9] при установке в патрон класса Н:

$$\xi_y = a_1 \cdot \sqrt{IT\delta} \cdot (1 + 0,021) = 0,17 \cdot \sqrt{2,2} \cdot (1 + 0,02 \cdot 50) = 0,5.$$

Здесь $a_1 = 0,17$ – эмпирический коэффициент; IT – допуск базового диаметра.

Тогда исходная величина неравномерности припуска, с которой он поступает на проектируемую операцию, определится:

$$e_{max} = \sqrt{(0,9)^2 + (0,5)^2} = 1,03 \text{ мм.}$$

После черновой обработки величина оставшейся неравномерности припуска определяется по формуле [2, 9]:

$$e_{ост} = K_y \cdot e_{max} + e_{инд} = 0,06 \cdot 1,03 + 0,015 = 0,077 \text{ мм,}$$

Здесь $e_{инд}$ – погрешность индексации револьверной головки.

Тогда:

$$Z_{min} = 0,1 + 0,1 + 0,077 = 0,277 \text{ мм.}$$

ei_{i-1} – нижнее отклонение размера D_{i-1} , которое принимаем по 12 качеству равным 0,35 мм.

Тогда диаметр чистой зоны:

$$D_{i-1} = 80,5 + 2 \cdot 0,277 + 0,35 = 81,404 \text{ мм.}$$

Округляя, получим $D_{i-1} = 81,5_{-0,35}$ мм, что обеспечивает максимальную глубину резания, тогда:

$$t_{чист} = \frac{85,1 - 80,36}{2} = 0,57 \text{ мм.}$$

$$t_{черн} = \frac{87,3 - 81,15}{2} = 3,075 \text{ мм.}$$

2. Используя данные рис. 1, определим величину припуска при обработке внутренней цилиндрической поверхности:

$$z_{min} = \frac{D_{min}^{дет} - D_{max}^{зар}}{2} = \frac{49,538 - 44,9}{2} = 2,319 \text{ мм.}$$

$$z_{max} = \frac{D_{max}^{дет} - D_{min}^{зар}}{2} = \frac{49,6 - 43,6}{2} = 3 \text{ мм.}$$

Полученная величина колебания припуска превышает регламентированную для получения $Ra = 5$ мкм глубину резания, равную $0,5 \dots 1$ мм [9]. Таким образом, обработку этой поверхности будем выполнять за несколько рабочих ходов. Учитывая начало работы по корке, первым инструментом будет зенкер, после которого используем два расточных резца. Это заставляет определить промежуточные диаметры, используя формулы и справочные данные, представленные в [9]:

- под растачивание:

$$D_{i-1} = D_i - 2z_{min} - es_{i-1},$$

где $D_i = 49,6$ мм.; $es_{i-1} = 0,16$ мм.

$$Z_{min} = (R_z + h)_{i-1} + e_{max}.$$

Здесь $R_z = 0,04$ мм.; $h = 0,05$ мм.

$$\begin{aligned} e_{зенк} &= K_y \cdot \sqrt{1,0^2 + 0,5^2} + e_{инд} = \\ &= 0,06 \cdot \sqrt{1,0^2 + 0,5^2} + 0,015 = 0,082 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$e_{max} = K_y \cdot e_{раст} + e_{инд} = 0,1 \cdot 0,082 + 0,015 = 0,02 \text{ мм.}$$

Диаметр чистой зоны:

$$D_{i-1} = 49,6 - 2 \cdot (0,04 + 0,05 + 0,02) - 0,16 = 49,22 \text{ мм.}$$

Округляя, получим $D_{i-1} = 49,2^{+0,15}$ мм, что обеспечивает максимальную глубину резания.

$$t_{чист} = \frac{49,662 - 49,2}{2} = 0,231 \text{ мм.}$$

- под зенкер:

$$D_{i-1} = D_i - 2z_{min} - es_{i-1},$$

где $D_i = 49,2$ мм.; $es_{i-1} = 0,39$ мм.

$$Z_{min} = (R_z + h)_{i-1} + e_{max}.$$

Здесь $R_z = 0,05$ мм.; $h = 0,05$ мм; $e_{max} = 0,082$ мм.

Диаметр зенкера:

$$D_{i-1} = 49,2 - 2 \cdot (0,05 + 0,05 + 0,082) - 0,39 = 48,446 \text{ мм.}$$

Округляя, получим $D_{i-1} = 48,4^{+0,39}$ мм, что обеспечивает максимальную глубину резания:

$$t_{\text{черн}} = \frac{49,36 - 48,4}{2} = 0,48 \text{ мм.}$$

$$t_{\text{зенк}} = \frac{48,79 - 43,60}{2} = 2,56 \text{ мм.}$$

Для определения припусков на торцевые поверхности построим схему линейных размеров (рис. 2). Анализируя схему линейных размеров, получим при помощи расчетно-аналитического метода размеры припусков:

$$Z_2 = T_1 - T_3;$$

$$T_1 = 12,5^{+0,9}_{-0,4} \text{ мм}; T_3 = 11,3_{-0,27} \text{ мм.}$$

$$Z_{2min} = T_{1min} - T_{3max} = 12,1 - 11,3 = 0,8 \text{ мм};$$

$$Z_{2max} = T_{1max} - T_{3min} = 13,5 - 11,03 = 2,47 \text{ мм};$$

что превышает регламентированную глубину резания для получения шероховатости $Ra = 10$ мкм [9].

Принимаем решение выполнять подрезку буртика за два рабочих хода, оставляя для чистовой обработки 1/3 припуска и выполняя черновой размер 12 мм.

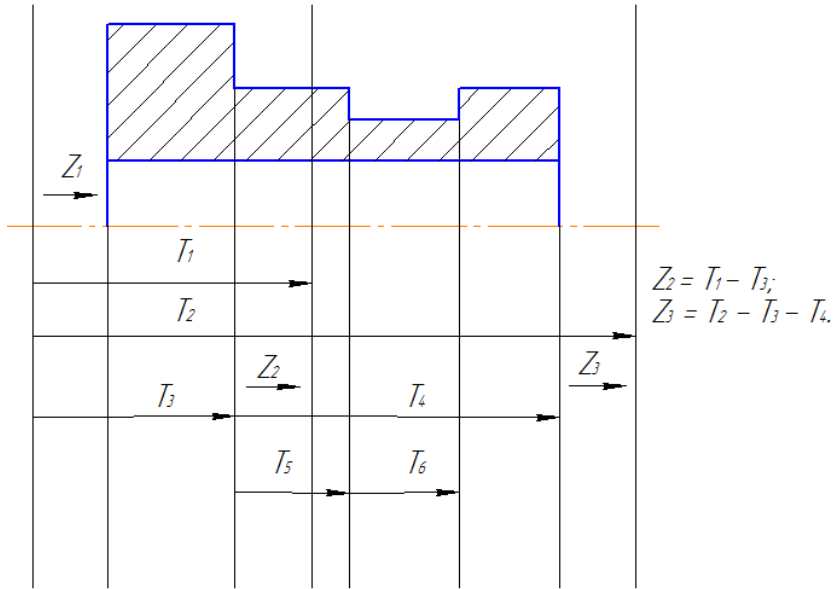


Рис. 2. Схема линейных размеров

$$Z_3 = T_2 - T_3 - T_4;$$

$$T_1 = 62,5_{-0,3}^{+1,0} \text{ мм}; T_3 = 11,3_{-0,27} \text{ мм}; T_4 = 49,4_{-0,25}^{+0,25} \text{ мм};$$

$$Z_{3min} = T_{2min} - T_{3max} - T_{4max} = 62,1 - 11,3 - 49,65 = 1,15 \text{ мм};$$

$Z_{3max} = T_{2max} - T_{3min} - T_{4min} = 63,5 - 11,03 - 49,4 = 3,07 \text{ мм}$, что превышает регламентированную глубину резания для получения шероховатости $Ra = 10 \text{ мкм}$ [9].

Принимаем решение выполнять подрезку торца за два рабочих хода, оставляя для чистовой обработки $1/3$ припуска и выполняя черновой размер $50,5 \text{ мм}$.

Используя результаты расчета межпереходных диаметров и учитывая принятые решения, разрабатываем следующую структуру операции:

Переход №1. Установить и снять заготовку.

Переход №2. Последовательно: подрезать торец в размер 50,5 мм; точить наружную поверхность в размер $\varnothing 81,5_{-0,35}$ мм; подрезать буртик в размер 12 мм. Для выполнения перехода выбираем токарный копировальный резец с пластинкой твердого сплава Т15К6 по ГОСТ 20872-80.

Переход №3. Зенкеровать отверстие в размер $\varnothing 48,4^{+0,39}$ мм. Для выполнения перехода примем насадной зенкер с пластиной твердого сплава Т15К6 по ГОСТ 3231-71.

Переход №4. Расточить отверстие в размер $\varnothing 49,2^{+0,16}$ мм. Для выполнения перехода принимаем расточной резец с пластинкой твердого сплава Т15К6 по ГОСТ 20874-75.

Переход №5. Последовательно: подрезать торец в мер $\varnothing 49,4^{+0,25}$ мм, точить наружную поверхность в размер $\varnothing 80,5_{-0,14}$ мм и подрезать буртик в размер $\varnothing 11,3_{-0,27}$ мм. Для выполнения перехода выбираем токарный копировальный резец с пластинкой твердого сплава Т15К6 по ГОСТ 20872-80.

Переход №6. Расточить отверстие в размер $\varnothing 49,6^{+0,062}$ мм. Для выполнения перехода принимаем расточной резец с пластинкой твердого сплава Т15К6 по ГОСТ 20874-75.

Переход №7. Точить канавку, выдерживая размеры $\varnothing 76_{-0,3}$ мм; $19,7_{-0,21}$ мм и $10^{+0,036}$ мм. Для выполнения перехода принимаем канавочный резец с пластинкой твердого сплава Т15К6, $\delta = 5$ мм по ТУ-2-035-583-77.

Таким образом, разработана структура операции, выбраны пять инструментов для её выполнения. Приступим к расчету режимов обработки для каждого перехода.

Переход №2. На этом переходе последовательно подрезается торец с глубиной резания $t_{max} = 2,03$ мм, обтачивается наружная цилиндрическая поверхность с глубиной резания $t_{max} = 3,08$ мм и подрезается буртик с глубиной резания $t_{max} = 1,7$ мм. На всех поверхностях выполняется полуступовое точение с шероховатостью $Ra = 10$ мкм. Все расчеты будем проводить для $t_{max} = 3,08$ мм.

Обрабатывается сталь 40ХН с $\delta_s = 890$ МПа.

Подачу определяем по формуле [9]:

$$s = s_{\text{табл.}} \cdot k,$$

где $s_{\text{табл.}}$ - табличное значение подачи для получения шероховатости $Ra = 10$ мкм, равное 0,35 мм/об. согласно [9]; k - коэффициент, зависящий от материала заготовки, для сталей с $\delta_e = 700 \dots 900$ МПа равный единице.

Таким образом, подача равна $s = ,35 \cdot 1 = 0,35$ мм/об.

Скорость резания определим по формуле [9]:

$$V = \frac{C \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_y \cdot K_r}{T^m \cdot t^x \cdot s^y},$$

где K_m, K_n, K_u, K_y, K_r - коэффициенты, учитывающие влияние материала, состояния поверхности, материала инструмента, главного угла в плане, радиуса при вершине резца. Значения коэффициентов принимаем [9];

T - период стойкости инструмента,

t и s - величины глубины резания и подачи, соответственно [9];

m, x, y - показатели степени [9].

Тогда:

$$V = \frac{350 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{120^{0,2} \cdot 3,08^{0,15} \cdot 0,35^{0,35}} = 96 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле [9]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 96}{3,14 \cdot 85,5} = 357 \text{ мин}^{-1}.$$

Ближайшая по паспорту станка $n = 350 \text{ мин}^{-1}$, что обеспечивает скорость резания:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot v}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85,5 \cdot 350}{1000} = 90 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = s \cdot n = 350 \cdot 0,35 = 122,5 \text{ мм/мин.}$$

Величину силы P_z определим по эмпирической формуле, используя численные значения коэффициентов и показателей степеней из [9]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_m \cdot K_\phi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda = \\ = 10 \cdot 300 \cdot 3,08^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 90^{-0,15} \cdot 1,13 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 2153 \text{ Н.}$$

Мощность:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2153 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 3,16 \text{ кВт,}$$

что меньше мощности двигателя станка.

Используя формулы и справочные данные [9], проведем расчет режимов обработки всех остальных переходов.

Переход №3. На переходе проводится черновое зенкерование отверстия с глубиной резания $t = 2,56$ мм.

Подача:

$$s = s_{\text{табл}} \cdot k = 0,5 \cdot 0,7 = 0,35 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания и частота вращения:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_m \cdot K_u \cdot K_l}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} = \frac{18 \cdot 48,4^{0,6} \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1}{60^{0,25} \cdot 2,56^{0,2} \cdot 0,35^{0,3}} = 63 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 96}{3,14 \cdot 48,4} = 414 \text{ мин}^{-1}.$$

Ближайшая по паспорту станка $n = 400 \text{ мин}^{-1}$, что обеспечивает скорость резания:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot v}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48,4 \cdot 400}{1000} = 61 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = n \cdot s = 400 \cdot 0,35 = 140 \text{ мм/мин.}$$

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_m =$$

$$= 10 \cdot 0,196 \cdot 48,4^{0,85} \cdot 2,56^{0,8} \cdot 0,35^{0,7} \cdot 1,13 = 61 \text{ Н.}$$

Мощность:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{61 \cdot 400}{9750} = 2,5 \text{ кВт.}$$

Переход №4. На переходе растачивается отверстие с глубиной резания $t = 0,48$ мм.

Подача:

$$s = s_{\text{табл}} \cdot k = 0,25 \cdot 1 = 0,25 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_y \cdot K_r}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} = \frac{420 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{120^{0,2} \cdot 0,48^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} = 140 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 49,2} = 906 \text{ мин}^{-1}.$$

Ближайшая по паспорту станка $n = 850 \text{ мин}^{-1}$, что обеспечивает скорость резания:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49,2 \cdot 850}{1000} = 131 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = n \cdot s = 850 \cdot 0,25 = 212,5 \text{ мм/мин.}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_m \cdot K_{\phi} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\lambda} = \\ = 10 \cdot 300 \cdot 0,48^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 131^{-0,15} \cdot 1,13 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 246 \text{ Н.}$$

Мощность:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{246 \cdot 131}{1020 \cdot 60} = 0,53 \text{ кВт.}$$

Переход №5. На переходе последовательно подрезается торец и обтачивается цилиндрическая поверхность с глубиной резания $t = 0,57$ мм.

Подача:

$$s = s_{\text{табл}} \cdot k = 0,14 \cdot 1 = 0,14 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_y \cdot K_r}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} = \frac{420 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{120^{0,2} \cdot 0,57^{0,15} \cdot 0,14^{0,2}} = 152 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 152}{3,14 \cdot 81,5} = 593 \text{ мин}^{-1}.$$

Ближайшая по паспорту станка $n = 500 \text{ мин}^{-1}$, что обеспечивает скорость резания:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 81,5 \cdot 500}{1000} = 127 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = n \cdot s = 500 \cdot 0,14 = 70 \text{ мм/мин.}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_m \cdot K_\phi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda = \\ = 10 \cdot 300 \cdot 0,57^1 \cdot 0,14^{0,75} \cdot 127^{-0,15} \cdot 1,13 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 190 \text{ Н.}$$

Мощность:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{190 \cdot 127}{1020 \cdot 60} = 0,39 \text{ кВт.}$$

Переход №6. На переходе растачивается отверстие с глубиной резания $t = 0,231$ мм.

Подача:

$$s = s_{\text{табл}} \cdot k = 0,14 \cdot 1 = 0,14 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_y \cdot K_r}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} = \frac{420 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{120^{0,2} \cdot 0,231^{0,15} \cdot 0,14^{0,2}} = 174 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 174}{3,14 \cdot 49,6} = 1117 \text{ мин}^{-1}.$$

Ближайшая по паспорту станка $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$, что обеспечивает скорость резания:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49,6 \cdot 1000}{1000} = 156 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = n \cdot s = 1000 \cdot 0,14 = 140 \text{ мм/мин.}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_m \cdot K_\phi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda = \\ = 10 \cdot 300 \cdot 0,231^1 \cdot 0,14^{0,75} \cdot 156^{-0,15} \cdot 1,13 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 75 \text{ Н.}$$

Мощность:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{75 \cdot 156}{1020 \cdot 60} = 0,19 \text{ кВт.}$$

Переход №7. Этот переход выполняется за два рабочих хода: поперечного врезания канавочного резца и продольного точения на длину канавки. Для каждого рабочего хода назначим режимы резания. врезания.

Рабочий ход 1. При врезании глубина резания равна ширине резца, т.е. $t = 5$ мм.

Подача:

$$s = s_{\text{табл}} \cdot k = 0,12 \cdot 0,8 = 0,096 \text{ об/мин.}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_y \cdot K_r}{T^{m \cdot s^y}} = \frac{47 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 0,096^{0,8}} = 79 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 79}{3,14 \cdot 80,5} = 312 \text{ мин}^{-1}.$$

Ближайшая по паспорту станка $n = 350 \text{ мин}^{-1}$, что обеспечивает скорость резания:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80,5 \cdot 350}{1000} = 88 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = n \cdot s = 350 \cdot 0,096 = 33,6 \text{ мм/мин.}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_m \cdot K_\phi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda = \\ = 10 \cdot 408 \cdot 5^{0,72} \cdot 0,096^{0,8} \cdot 88^0 \cdot 1,13 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 2000 \text{ Н.}$$

Мощность:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2000 \cdot 88}{1020 \cdot 60} = 2,87 \text{ кВт.}$$

Рабочий ход 2. Продольное точение осуществляется с глубиной резания $t = 2,25$ мм.

Подача:

$$s = s_{\text{табл}} \cdot k = 0,14 \cdot 1 = 0,14 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_y \cdot K_r}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} =$$
$$= \frac{420 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 2,25^{0,15} \cdot 0,14^{0,2}} = 142 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 142}{3,14 \cdot 80,5} = 561 \text{ мин}^{-1}.$$

Учитывая, что резец находится внутри канавки, принимаем частоту вращения, одинаковую с рабочим ходом 1 ($n = 350 \text{ мин}^{-1}$), что обеспечивает скорость резания:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80,5 \cdot 350}{1000} = 88 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = n \cdot s = 350 \cdot 0,14 = 49 \text{ мм/мин.}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda =$$
$$= 10 \cdot 300 \cdot 2,25^1 \cdot 0,14^{0,75} \cdot 88^{0,15} \cdot 1,13 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 793 \text{ Н.}$$

Мощность:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{793 \cdot 88}{1020 \cdot 60} = 1,14 \text{ кВт.}$$

Результаты расчетов сведем в табл. 1.

Таким образом, рассчитаны режимы обработки и можно перейти к разработке схемы наладки и расчетно-технологических карт.

Прежде всего вычертим положение заготовки на станке с указанием расстояния от торца шпинделя (нулевая точка станка) до базовой поверхности заготовки. На этом же эскизе указываем контур

обрабатываемых элементов и срезаемого припуска. С учетом габаритов заготовки и максимально возможных перемещений суппорта (револьверной головки) станка назначаем расстояния от торца шпинделя до торца револьверной головки и от оси шпинделя до оси револьверной головки. Распределяем инструменты в револьверной головке и определяем их вылеты относительно револьверной головки, используя данные из [9] по станку 16К20Ф3. Схема наладки представлена на рис. 3.

Таблица 1

Режимы обработки по переходам операции

| № перехода | t , мм | s , мм/об | v , м/мин | n , мин ⁻¹ | $S_{\text{мин}}$, мм/мин |
|---------------|----------|-------------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| 2 | 3,08 | 0,35 | 90 | 350 | 122,5 |
| 3 | 2,56 | 0,35 | 61 | 400 | 140 |
| 4 | 0,48 | 0,25 | 131 | 850 | 212,5 |
| 5 | 0,57 | 0,14 | 127 | 500 | 70 |
| 6 | 0,231 | 0,14 | 156 | 1000 | 140 |
| 7, раб. ход 1 | 5 | 0,096 | 88 | 350 | 33,6 |
| 7, раб. ход 2 | 2,25 | 0,14 | 88 | 350 | 49 |

Для каждого инструмента наладки проведем разработку расчетно-технологической карты.

Вычертим положение заготовки и инструмента на переходе 2 и отметим опорные точки, в которых происходит изменение направления движения инструмента (рис. 4).

Определим координаты каждой опорной точки с учетом данных по размерам обрабатываемых элементов, координат нулевой точки и вылета инструмента.

При определении координаты X точки 1 следует учитывать безударное врезание (недобег инструмента), которое принимаем равным 5 мм.

При определении координаты X точки 2 следует учитывать поле допуска выполняемого размера и задавать эти координаты, оставляя 2/3 допуска на упругие отжатия системы обработки и износ режущего инструмента, т.е.:

$$X_2 = [81,5 - (0,35 \cdot 2/3)]/2 = 40,63 \text{ мм.}$$

После определения координат опорных точек вычисляем величины приращений и определяем ведущие координаты при перемещении по двум координатам одновременно.

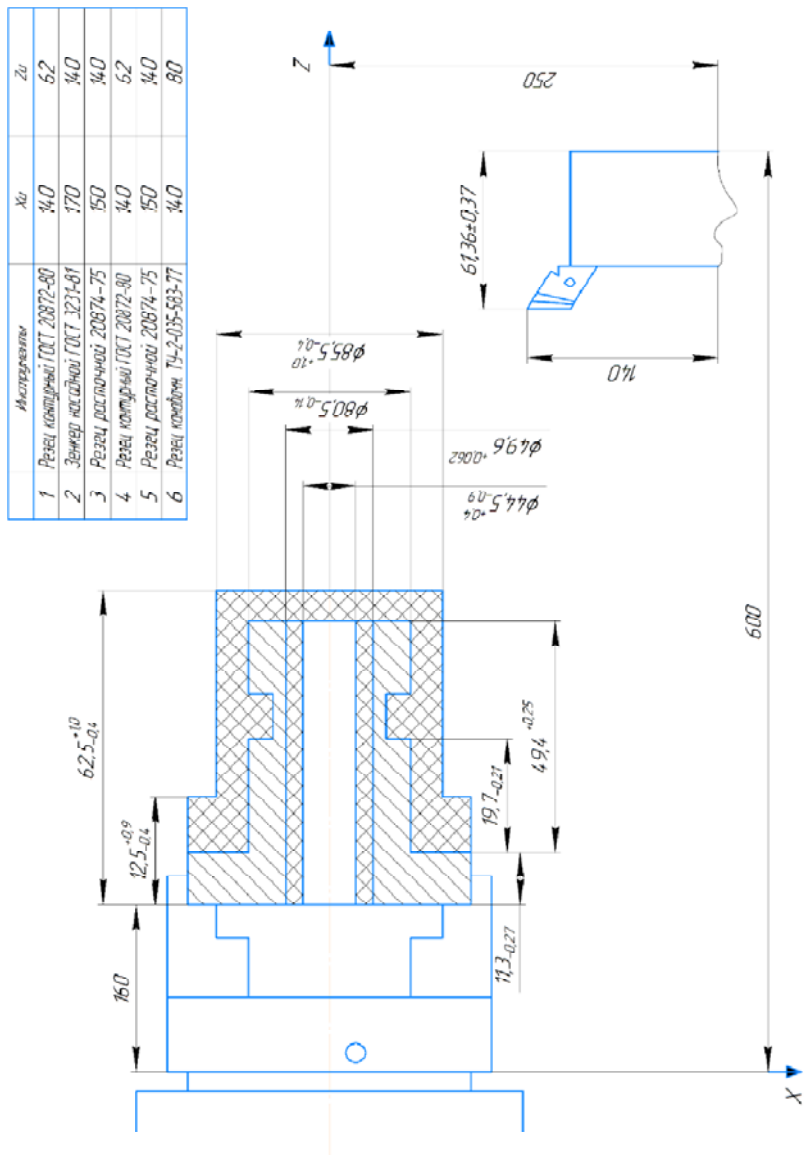


Рис. 3. Схема наладки станка 16К20Ф3 для выполнения токарной операции

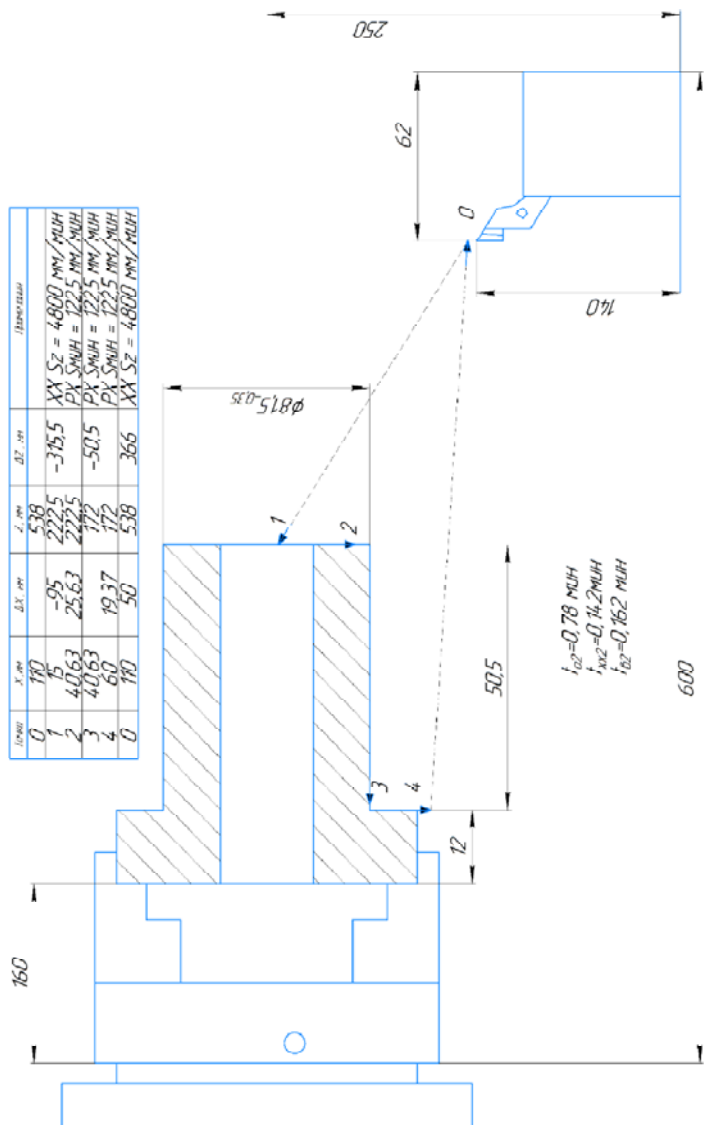


Рис. 4. Схема перемещения инструмента и РТК перехода 2

Ведущая координата определяется по максимальному времени перемещения. Так, первый холостой ход выполняется при одновременном перемещении по координатам X и Z :

$$(\Delta X = 95 \text{ мм}; s_x = 2400 \text{ мм/мин}),$$

$$(\Delta Z = 315,5 \text{ мм}; s_z = 4800 \text{ мм/мин}).$$

Определим время перемещения по каждой координатной оси:

$$t_x = 95/2400 = 0,04 \text{ мин};$$

$$t_z = 313,5/4800 = 0,066 \text{ мин.}$$

Определим время рабочего (основное) и холостого ходов:

$$t_{o2} = \frac{L_{px1}}{s_{px}} = \frac{25,63 + 50,5 + 19,37}{122,5} = \frac{95,5}{122,2} = 0,78 \text{ мин.}$$

$$t_{xx2} = \frac{L_{xx1}}{s_z} = \frac{315,5 + 366}{4800} = \frac{681,5}{4800} = 0,142 \text{ мин.}$$

Определим вспомогательное время, связанное с переходом:

$$t_{в2} = t_{xx2} + t_{пов. гол.} = 0,142 + 0,02 = 0,162 \text{ мин.}$$

Аналогично разработаем РТК для остальных переходов (рис. 5-9).

Проведем техническое нормирование операции. Штучное время обработки заготовки определяется по формуле:

$$T_{шт} = t_o + t_{в} + t_{обс} + t_{пер.}$$

где $t_o = \sum t_{oi}$ – основное время на операцию, мин; (здесь t_{oi} – основное время выполнения i -перехода операции).

| Точка | X, мм | ΔX , мм | Z, мм | ΔZ , мм | Примечания |
|-------|-------|-----------------|-------|-----------------|---------------------------|
| 0 | 80 | | 460 | | |
| 1 | 0 | -80 | 223 | -237 | XX $S_z = 4800$ мм/мин |
| 2 | 0 | | 158 | -65 | PX $S_{max} = 140$ мм/мин |
| 3 | 0 | -80 | 223 | 65 | PX $S_{max} = 140$ мм/мин |
| 0 | 80 | 80 | 460 | 237 | XX $S_z = 4800$ мм/мин |

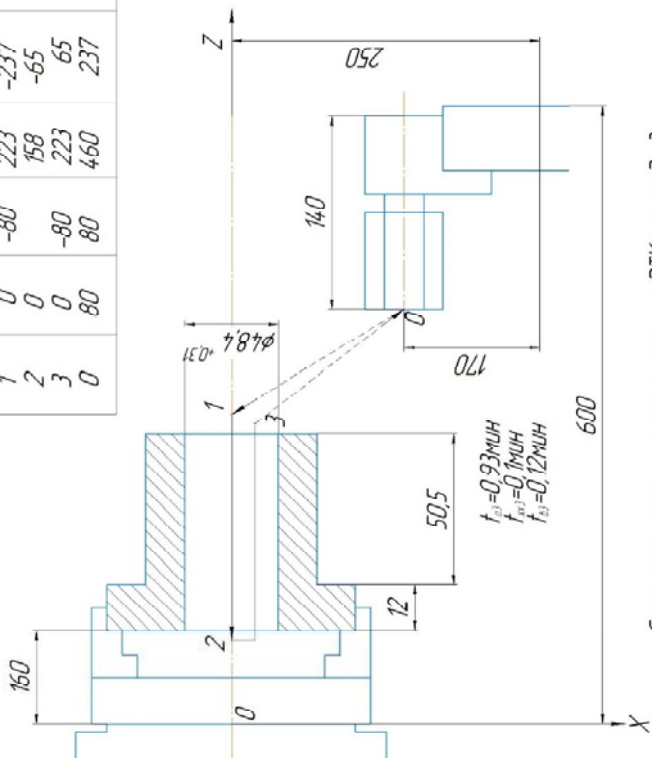


Схема перемещения инструмента и РТК перехода 3

Рис. 5. Схема перемещения инструмента и РТК перехода 3

| Точка | X, мм | ΔX , мм | Z, мм | ΔZ , мм | Примечания |
|-------|-------|-----------------|-------|-----------------|---|
| 0 | 100 | | 460 | | |
| 1 | 24,65 | -75,35 | 223 | -237 | XX S _z = 4800 мм/мин PX S _{max} = 212,5 мм/мин |
| 2 | 24,65 | | 158 | -65 | PX S _{max} = 212,5 мм/мин |
| 3 | 20 | -4,65 | 158 | | XX S _z = 4800 мм/мин |
| 4 | 20 | | 223 | 65 | XX S _z = 4800 мм/мин |
| 0 | 100 | 80 | 460 | 237 | XX S _z = 4800 мм/мин |

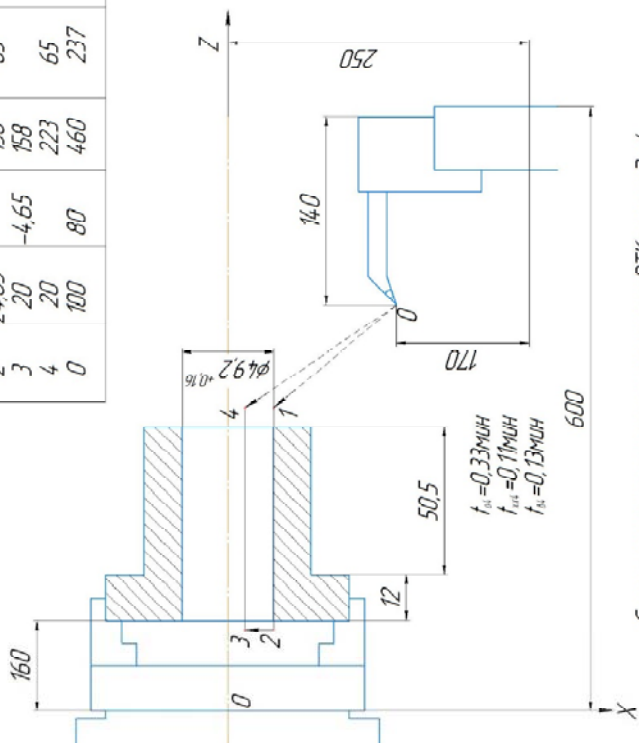


Схема перемещения инструмента и РТК перехода 4

Рис. 6. Схема перемещения инструмента и РТК перехода 5

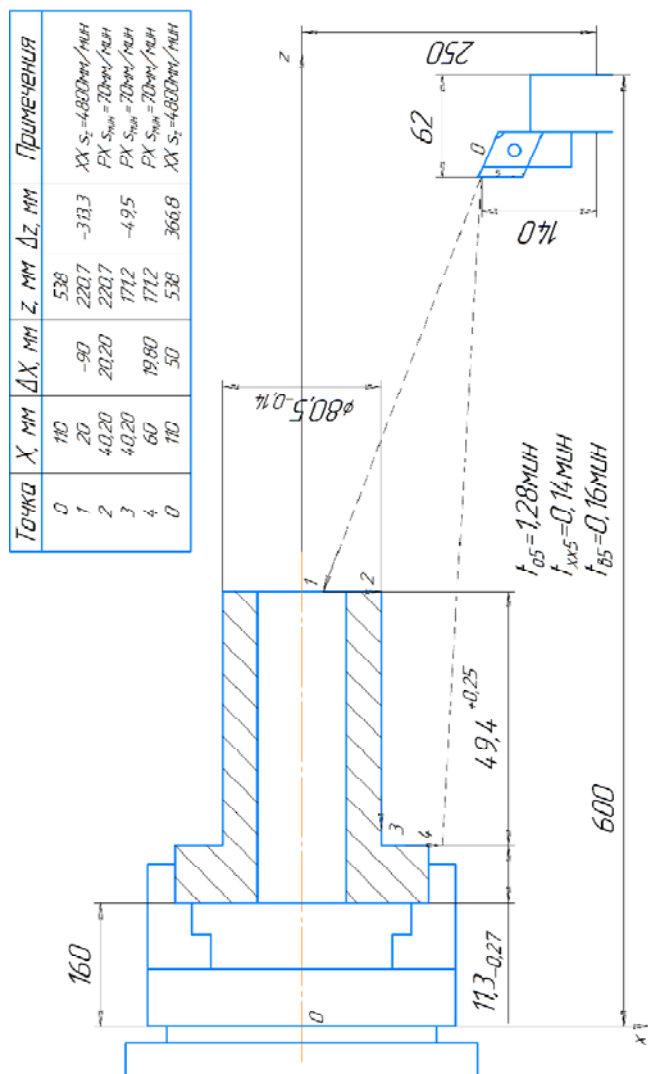


Схема перемещения инструмента и РТК перехода 5

Рис. 7. Схема перемещения инструмента и РТК перехода 5

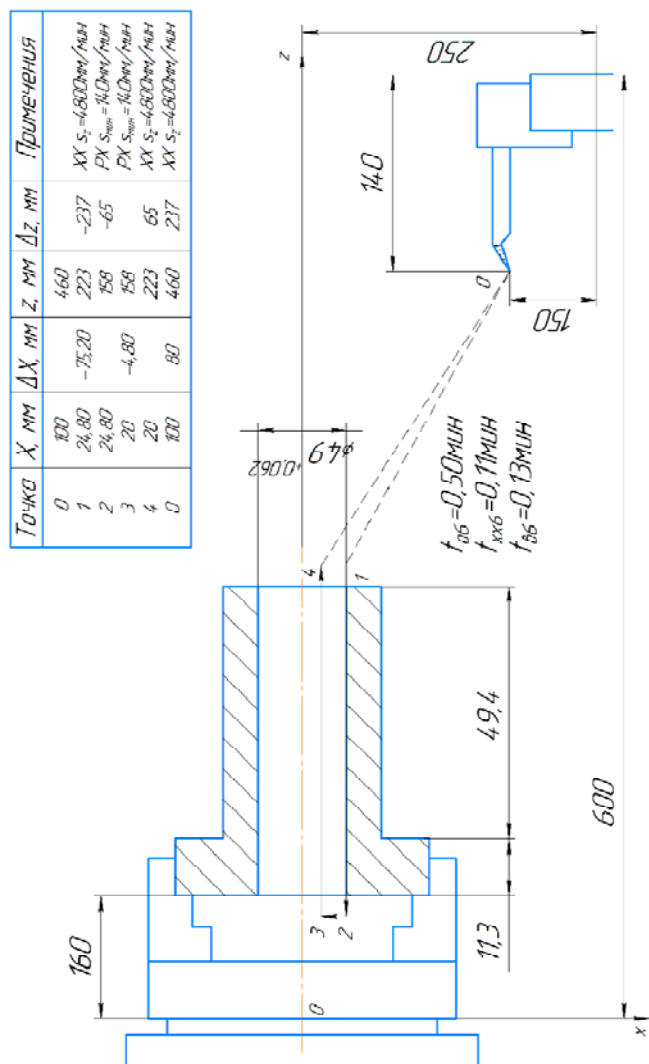
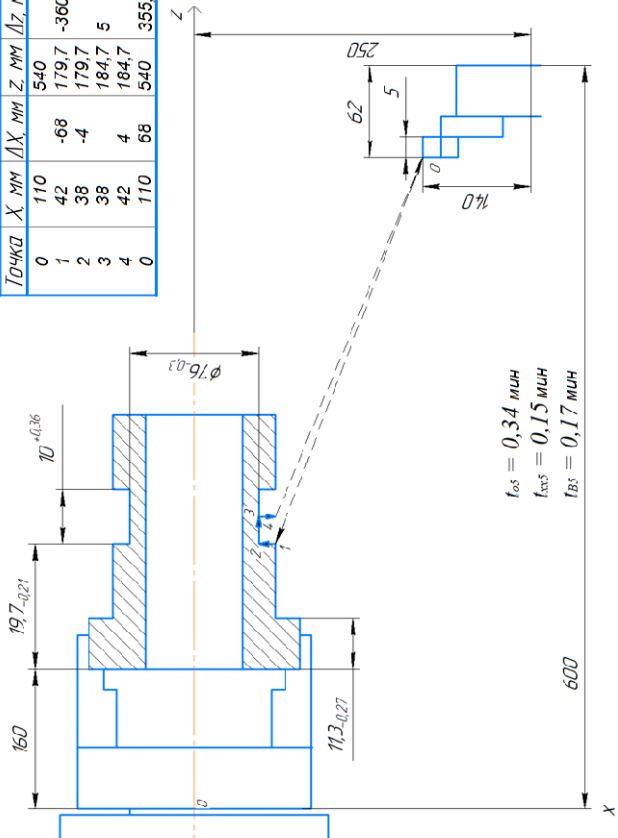


Схема перемещения инструмента и РТК перехода 6

Рис. 8. Схема перемещения инструмента и РТК перехода 6

| Точка | X, мм | ΔX, мм | Z, мм | ΔZ, мм | Примечания |
|-------|-------|--------|-------|--------|--|
| 0 | 110 | | 540 | | |
| 1 | 42 | -68 | 179,7 | -360,3 | XX Sz = 4800 мм/мин PX Sмин = 36,6 мм/мин |
| 2 | 38 | -4 | 179,7 | | PX Sмин = 49 мм/мин |
| 3 | 38 | | 184,7 | 5 | PX Sмин = 33,6 мм/мин |
| 4 | 42 | 4 | 184,7 | | XX Sz = 4800 мм/мин |
| 0 | 110 | 68 | 540 | 355,3 | |



$$t_{os} = 0,34 \text{ мин}$$

$$t_{xc} = 0,15 \text{ мин}$$

$$t_{bc} = 0,17 \text{ мин}$$

Рис. 9. Схема перемещения инструмента и РТК перехода 7
В данном случае:

$$t_0 = t_{02} + t_{03} + t_{04} + t_{05} + t_{06} + t_{07} =$$

$$= 0,78 + 0,93 + 0,33 + 1,28 + 0,5 + 0,34 = 4,16 \text{ мин};$$

$t_{\text{в}} = t_{\text{вы}} + \sum t_{\text{вi}}$ – вспомогательное время, включающее время $t_{\text{вы}}$ на установку и снятие заготовки и $\sum t_{\text{вi}}$, связанное с каждым переходом; в данном случае:

$$t_{\text{вы}} = 0,2 \text{ мин [9];}$$
$$\sum t_{\text{вi}} = 0,16 + 0,12 + 0,13 + 0,16 + 0,13 + 0,17 = 0,97 \text{ мин;}$$
$$t_{\text{в}} = 0,2 + 0,97 = 1,17 \text{ мин;}$$

$t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}}$ – время на обслуживание рабочего места и время на личные надобности составляет 10% от оперативного времени [9], т.е.:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}} = 0,1(4,16 + 1,17) = 0,53 \text{ мин;}$$
$$T_{\text{шт}} = 4,16 + 1,17 + 0,53 = 5,86 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{\text{пз}}$ при обработке на станках с ЧПУ определяется по формуле:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}} + T_{\text{пз3}} + T_{\text{пз4}},$$

где $T_{\text{пз1}}$ – время, включающее получение наряда, чертежа, технологической документации и ознакомление с ними, равное 12 мин [9];

$T_{\text{пз2}}$ – время, учитывающее дополнительные работы, согласно [9], для нашего случая равно 12,1 мин;

$T_{\text{пз3}}$ – время пробной обработки одной заготовки, учитывается только тогда, когда на станке нет корректора, в данном случае равно нулю;

$T_{\text{пз4}}$ – время, связанное с приемами по наладке станка, равное для шести инструментов 29,4 мин [9].

$$T_{\text{пз}} = 12 + 12,1 + 29,4 = 53,5 \text{ мин.}$$

После технического нормирования заполняем технологическую документацию (операционную карту – рис. 10).

Задание №2 «Разработка операции технологического процесса, выполняемой на сверлильно-фрезерно-расточном станке с ЧПУ»

Операция выполняется на сверлильно-фрезерно-расточном станке модели 2254ВМФ4. Эскиз заготовки и операционный эскиз представлены на рис. 11.

На проектируемой операции, согласно операционному эскизу, поверхности необходимо обработать следующим образом:

- фрезеровать плоскость в размер $15_{-0,21}$ мм, $R_a = 10$ мкм;
- фрезеровать паз, выдерживая размеры: $28^{+0,21}$ мм, $10_{-0,15}$ мм, $12_{-0,23}$ мм;
- обработать отверстие $\varnothing 20H7$ мм, $R_a = 2,5$ мкм;
- обработать два отверстия $\varnothing 10H9$ мм, $R_a = 2,5$ мкм.

При определении количества инструментов в наладке следует учесть:

- так как работа сверл проводится без кондукторов, то необходимо центровочное сверло;
- при обработке отверстия $\varnothing 20H7$ мм использовать стандартный набор инструмента: сверло $\varnothing 15$ мм, зенкер $\varnothing 19,7$ мм, развертка $\varnothing 20H7$ мм [9].
- при обработке отверстия $\varnothing 10H9$ мм использовать стандартный набор инструмента: сверло $\varnothing 9,7$ мм и развертка $\varnothing 10H9$ мм [9].

Учитывая сказанное, разработаем следующую структуру операции:

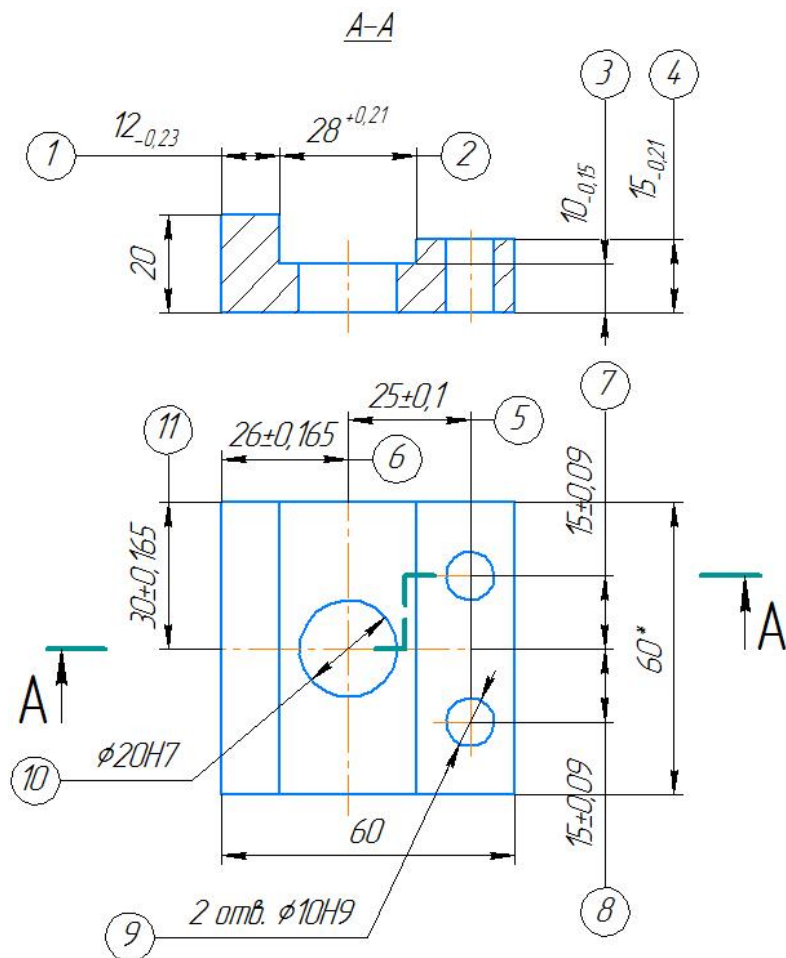
Переход №1. Установить и снять заготовку.

Переход №2. Последовательно: фрезеровать плоскость, выдерживая размеры 4 и 1, фрезеровать паз, выдерживая размеры 1, 2, 3.

Для выполнения перехода выберем фрезу концевую, оснащенную прямыми пластинами твердого сплава Т15К6, $\varnothing 28$ мм, ТУ2-035-591-71, количество зубьев $z = 5$, диаметр $D = 28$ мм.

Переход №3. Центровать три отверстия, последовательно выдерживая размеры 11, 6, 5, 7 и 8.

Для выполнения перехода выберем сверло центровочное с цилиндрическим хвостовиком для зацентровки под сверление, ОСТ2420-5-80, материал - Р6М5, диаметр $\varnothing 5$ мм.



Материал – сталь 20
 Станок – 2254ВМФ4
 Операционный эскиз
 сверлильно-фрезерно-расточной
 операции обработки планки

Рис. 11. Эскиз заготовки и операционный эскиз
Переход №4. Сверлить отверстие $\text{Ø}15$ мм в размеры 11 и 6.

Для выполнения перехода выбираем сверло спиральное, оснащенное пластинами из твердого сплава Т15К6, ГОСТ 22736-77, диаметр $\varnothing 15$ мм.

Переход №5. Сверлить два отверстия $\varnothing 9,7$ мм, выдерживая размеры 5, 7, 8.

Для выполнения перехода принимаем сверло спиральное, оснащенное пластинами из твердого сплава Т15К6, ГОСТ 22736-77, диаметр $\varnothing 9,7$ мм.

Переход №6. Зенкеровать отверстие $\varnothing 19,7$ мм, выдерживая размеры 11 и 6.

Для выполнения перехода выбираем зенкер, оснащенный пластинами из твердого сплава Т15К6, ГОСТ 3231-71, диаметр $\varnothing 19,7$ мм.

Переход №7. Развернуть отверстие, выдерживая размер 10.

Для выполнения перехода выбираем развертку $\varnothing 20H7$ мм, оснащенную пластинами из твердого сплава Т15К6, ГОСТ 11175-80, диаметр $\varnothing 20$ мм.

Таким образом, разработана структура операции, выбраны семь инструментов для ее выполнения.

Приступим к расчету режимов обработки заготовки для каждого перехода:

Переход №2. На этом переходе проводится фрезерование плоскости и паза с максимальной глубиной резания $t = 28$ мм, шириной фрезерования $B = 5$ мм.

Используя формулы и справочные данные [9], определяем режимы обработки.

Подача на один зуб фрезы при глубине фрезерования $t = 28$ мм твердосплавной фрезой, согласно [9], равна $S_z = 0,03$ мм/зуб.

Скорость резания определим по формуле:

$$V = \frac{C \cdot D^q \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p},$$

где K_m , K_n , K_u , - коэффициенты, учитывающие влияние материала, состояния поверхности, материала инструмента, соответственно. Значения коэффициентов K_m , K_n , K_u , период стойкости инструмента T , коэффициент C и показатели степени m , x , y , u , p принимаем согласно [9].

Тогда:

$$V = \frac{145 \cdot 28^{0,44} \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1}{120^{0,37} \cdot 28^{0,24} \cdot 0,03^{0,26} \cdot 5^{0,1} \cdot 5^{0,13}} = 73 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 73}{3,14 \cdot 28} = 830 \text{ мин}^{-1}.$$

Ближайшая по паспорту станка $n = 800 \text{ мин}^{-1}$, что обеспечивает скорость резания:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 800}{1000} = 120 \text{ мм/мин.}$$

Главная составляющая силы резания:

$$\begin{aligned} P_z &= \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z \cdot K_m}{D^q \cdot n^W} = \\ &= \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 28^{0,85} \cdot 0,03^{0,75} \cdot 5 \cdot 5 \cdot 1,05}{28^{0,73} \cdot 800^{-0,13}} = 840 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{840 \cdot 70}{1020 \cdot 60} = 0,96 \text{ кВт.}$$

Переход №3. На переходе выполняется центровка всех отверстий сверлом центровочным из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром Ø5 мм. Глубина резания $t = 2,5$ мм.

Подачу определяем по формуле [9]:

$$S = S_{\text{табл.}} \cdot K_I \cdot K_T \cdot K_{\text{ж}} \cdot K_u = 0,09 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,09 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания и частота вращения:

$$V = \frac{C \cdot D^q \cdot K_m \cdot K_l \cdot K_u}{T^m \cdot s_z^y} = \frac{7 \cdot 5^{0,4} \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1}{15^{0,2} \cdot 0,09^{0,7}} = 35,6 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35,6}{3,14 \cdot 5} = 2270 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем ближайшую частоту вращения шпинделя $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$, что обеспечивает скорость, крутящий момент и мощность, соответственно:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1400}{1000} = 22 \text{ м/мин.}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1,15 = 1,45 \text{ Н.}$$

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,45 \cdot 1400}{9750} = 0,21 \text{ кВт.}$$

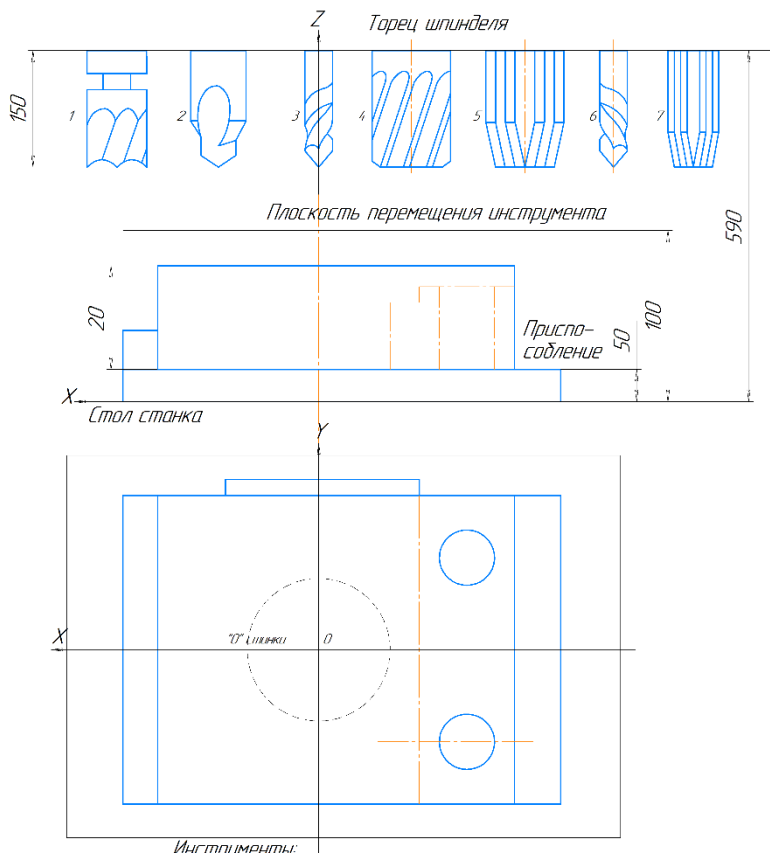
Режимы обработки для переходов, выполняемых мерным инструментом, рассчитываются аналогично, полученные результаты заносим в табл. 2.

Таблица 2

Режимы обработки по переходам операции

| № перехода | t , мм | s , мм/об | v , м/мин | n , мин ⁻¹ | $S_{мин}$, мм/мин |
|------------|----------|-------------|-------------|-------------------------|--------------------|
| 2 | 28 | 0,15 | 70 | 800 | 120 |
| 3 | 2,5 | 0,09 | 22 | 1400 | 126 |
| 4 | 7,5 | 0,09 | 47 | 1000 | 90 |
| 5 | 4,85 | 0,07 | 48 | 1400 | 98 |
| 6 | 2,35 | 0,196 | 49 | 800 | 156,8 |
| 7 | 0,15 | 0,3 | 50 | 800 | 240 |
| 8 | 0,15 | 0,3 | 47 | 1000 | 300 |

После расчета режимов обработки разработаем схему наладки проектируемой операции, которая представлена на рис. 12.



Инструменты:

1. Фреза концевая, Т15К6, ТУ2-035-591-71, $\phi 28\text{мм}$, $z=5$;
2. Сверло центральное, Р6М5, ОСТ24.20-5-80, $\phi 5\text{мм}$;
3. Сверло спиральное, Т15К6, ГОСТ 28736-77, $\phi 15\text{мм}$;
4. Зенкер, Т15К6, ГОСТ 3231-71, $\phi 19,7\text{мм}$;
5. Развертка, Т15К6, ГОСТ 11175-80, $\phi 20\text{H}7\text{мм}$;
6. Сверло спиральное, Т15К6, ГОСТ 28736-77, $\phi 9,7\text{мм}$;
7. Развертка, Т15К6, ГОСТ 11175-80, $\phi 10\text{H}9\text{мм}$.

Схема наладки станка 2254ВМФ4

Рис. 12. Схема наладки станка 2254ВМФ4 для выполнения комплексной операции
Разработаем схемы движения и расчетно-технологические карты каждого перехода.

Переход 2. Схема движения инструмента на переходе представлена на рис. 13, расчетно-технологическая карта – в табл. 3. Проведем расчет времени обработки на переходе:

$$t_{o2} = \frac{L_{px2}}{S_{px}} = \frac{94 \cdot 3 + 25 \cdot 2 + 5}{120} = \frac{337}{120} = 2,81 \text{ мин.}$$

$$t_{xx2} = \frac{L_{xx2}}{S_{px}} = \frac{425 + 430}{10000} = \frac{855}{10000} = 0,085 \text{ мин.}$$

Определим вспомогательное время, связанное с переходом:

$$t_{в2} = t_{xx2} + t_{см.инст.} = 0,085 + 0,10 = 0,185 \text{ мин.}$$

Переход 3. На этом переходе производится центровка всех отверстий. Схема движения инструмента представлена на рис. 14, расчетно-техническая карта – в табл. 4. Проведем расчет времени обработки на переходе:

$$t_{o3} = \frac{L_{px3}}{S_{px}} = \frac{7 + 25 + 7 + 30 + 7}{126} = \frac{76}{126} = 0,6 \text{ мин.};$$

$$t_{xx3} = \frac{L_{xx3}}{S_z} = \frac{358 + 95 + 83 + 90 + 83 + 90 + 270}{10000} = \frac{1069}{10000} = 0,11 \text{ мин.}$$

Определим вспомогательное время, связанное с переходом:

$$t_{в3} = t_{xx3} + t_{см.инст.} = 0,11 + 0,10 = 0,21 \text{ мин.}$$

Используя схему движения центрового сверла, разработаем РТК всех остальных переходов, которые представлены в технологической документации (табл. 5-9).

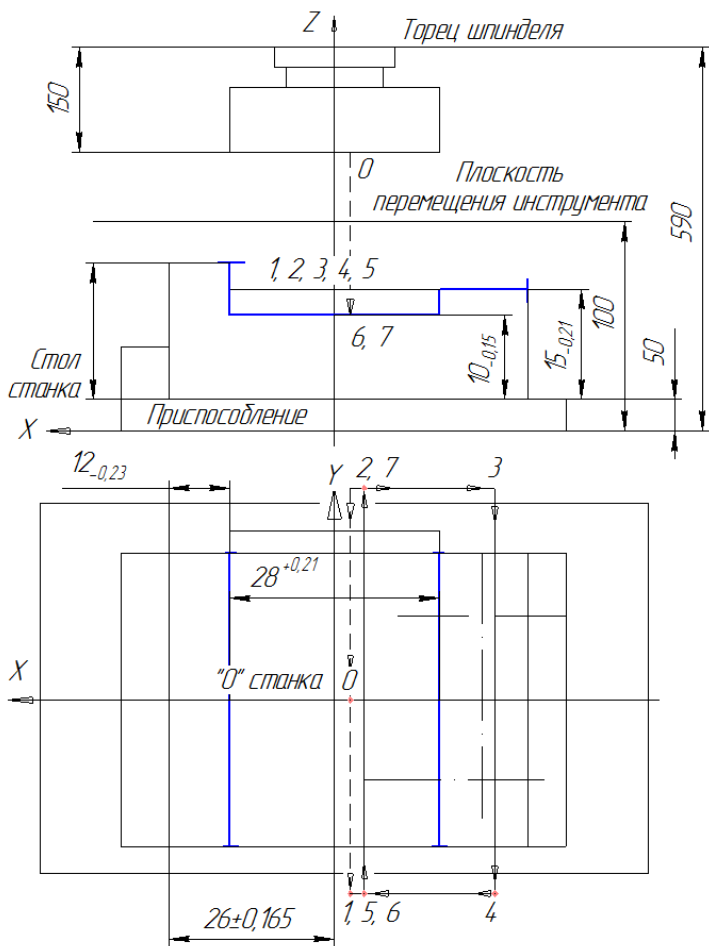


Схема движения центра фрезы

Рис. 13. Схема перемещения инструмента и РТК перехода 2

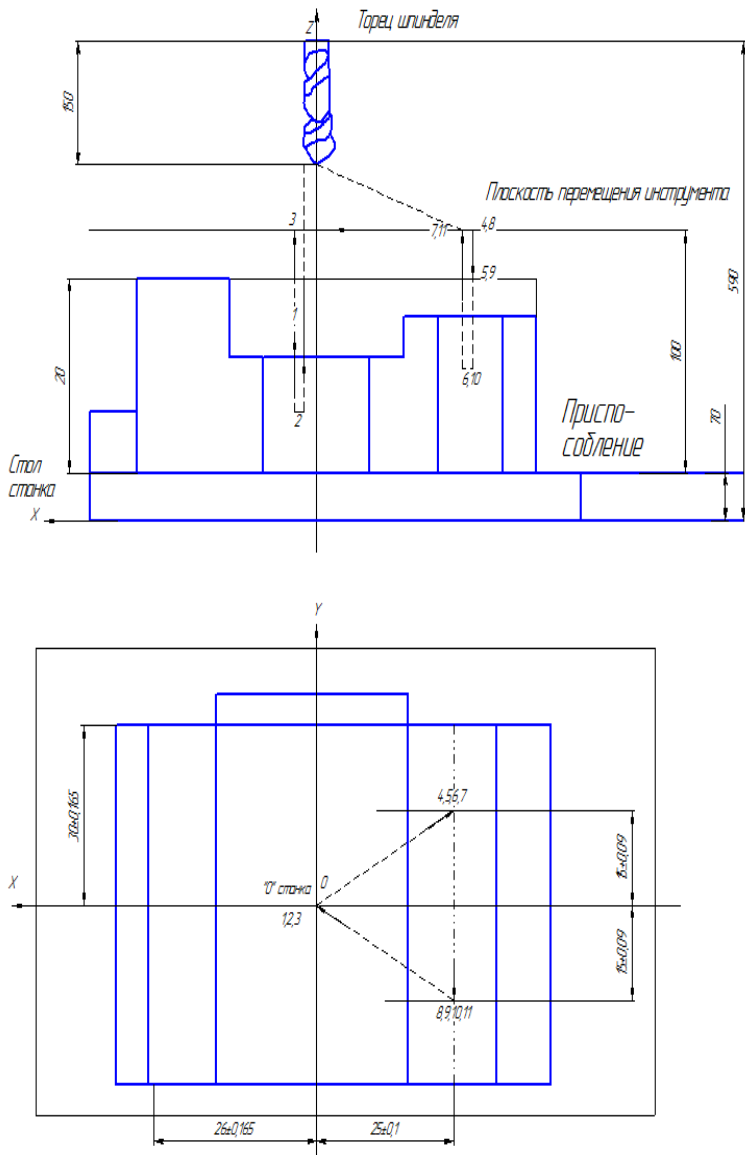


Рис. 14. Схема перемещения инструмента и РТК перехода 3

Таблица 3

РТК перехода 2

| Точка | X, мм | ΔX , мм | Y, мм | ΔY , мм | Z, мм | ΔZ , мм | Примечание |
|---------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------------------|
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | | |
| 1 | 0 | | -47 | -47 | 15 | -425 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 2 | 0 | | 47 | 94 | 15 | | P.X. $s_{\text{мин}} = 120$ мм/мин |
| 3 | -25 | -25 | 47 | | 15 | | P.X. $s_{\text{мин}} = 120$ мм/мин |
| 4 | 25 | | -47 | -94 | 15 | | P.X. $s_{\text{мин}} = 120$ мм/мин |
| 5 | 0 | 25 | -47 | | 15 | | P.X. $s_{\text{мин}} = 120$ мм/мин |
| 6 | 0 | | -47 | | 10 | -5 | P.X. $s_{\text{мин}} = 120$ мм/мин |
| 7 | 0 | | 47 | 94 | 10 | | P.X. $s_{\text{мин}} = 120$ мм/мин |
| 0 | 0 | | 0 | -47 | 440 | 430 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| $t_{02} = 2,81$ мин | | | | | $t_{в2} = 0,18$ мин | | |

Таблица 4

РТК перехода 3

| Точка | X, мм | ΔX , мм | Y, мм | ΔY , мм | Z, мм | ΔZ , мм | Примечание |
|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------------------|
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | | |
| 1 | 0 | | 0 | | 82 | -358 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 2 | 0 | | 0 | | 75 | -7 | P.X. $s_{\text{мин}} = 126$ мм/мин |
| 3 | 0 | | 0 | | 170 | 95 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 4 | -25 | -25 | 15 | 15 | 170 | | P.X. $s_{\text{мин}} = 126$ мм/мин |
| 5 | -25 | | 15 | | 87 | -83 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 6 | -25 | | 15 | | 80 | -7 | P.X. $s_{\text{мин}} = 126$ мм/мин |
| 7 | -25 | | 15 | | 170 | 90 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 8 | -25 | | -15 | -30 | 170 | | P.X. $s_{\text{мин}} = 126$ мм/мин |
| 9 | -25 | | -15 | | 87 | -84 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 10 | -25 | | -15 | | 80 | -7 | P.X. $s_{\text{мин}} = 126$ мм/мин |
| 11 | -25 | | -15 | | 170 | 90 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 0 | 0 | 25 | 0 | 15 | 440 | 270 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| $t_{03} = 0,6$ мин | | | | | $t_{в3} = 0,21$ мин | | |

Таблица 5

РТК перехода 4

| Точка | X, мм | ΔX , мм | Y, мм | ΔY , мм | Z, мм | ΔZ , мм | Примечание |
|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | | |
| 1 | 0 | | 0 | | 82 | -358 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 2 | 0 | | 0 | | 64 | -18 | P.X. $s_{\text{мин}} = 90$ мм/мин |
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | 376 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| $t_{04} = 0,2$ мин | | | | | $t_{в4} = 0,17$ мин | | |

Таблица 6

РТК перехода 5

| Точка | X, мм | ΔX , мм | Y, мм | ΔY , мм | Z, мм | ΔZ , мм | Примечание |
|---------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | | |
| 4 | -25 | -25 | 15 | 15 | 170 | -270 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 5 | -25 | | 15 | | 87 | -83 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 6 | -25 | | 15 | | 65 | -22 | P.X. $s_{\text{мин}} = 98$ мм/мин |
| 7 | -25 | | 15 | | 170 | 105 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 8 | -25 | | -15 | -30 | 170 | | P.X. $s_{\text{мин}} = 98$ мм/мин |
| 9 | -25 | | 15 | | 87 | -83 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 10 | -25 | | 15 | | 65 | -22 | P.X. $s_{\text{мин}} = 98$ мм/мин |
| 11 | -25 | | -15 | | 170 | 105 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 0 | 0 | 25 | 0 | 15 | 440 | 270 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| $t_{05} = 0,76$ мин | | | | | $t_{B5} = 0,19$ мин | | |

Таблица 7

РТК перехода 6

| Точка | X, мм | ΔX , мм | Y, мм | ΔY , мм | Z, мм | ΔZ , мм | Примечание |
|---------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------------|
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | | |
| 1 | 0 | | 0 | | 82 | -358 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 2 | 0 | | 0 | | 64 | -18 | P.X. $s_{\text{мин}} = 156,8$ мм/мин |
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | 376 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| $t_{06} = 0,11$ мин | | | | | $t_{B6} = 0,17$ мин | | |

Таблица 8

РТК перехода 7

| Точка | X, мм | ΔX , мм | Y, мм | ΔY , мм | Z, мм | ΔZ , мм | Примечание |
|---------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------------------|
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | | |
| 1 | 0 | | 0 | | 82 | -358 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 2 | 0 | | 0 | | 50 | -32 | P.X. $s_{\text{мин}} = 240$ мм/мин |
| 1 | 0 | | 0 | | 82 | -32 | P.X. $s_{\text{мин}} = 240$ мм/мин |
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | 358 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| $t_{07} = 0,11$ мин | | | | | $t_{B7} = 0,17$ мин | | |

Таблица 9

РТК перехода 8

| Точка | X, мм | ΔX , мм | Y, мм | ΔY , мм | Z, мм | ΔZ , мм | Примечание |
|----------------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|----------------------------|------------------------------------|
| 0 | 0 | | 0 | | 440 | | |
| 4 | -25 | -25 | 15 | 15 | 170 | -270 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 5 | -25 | | 15 | | 87 | -83 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 6 | -25 | | 15 | | 55 | -32 | P.X. $s_{\text{мин}} = 300$ мм/мин |
| 5 | -25 | | 15 | | 87 | 32 | P.X. $s_{\text{мин}} = 300$ мм/мин |
| 7 | -25 | | 15 | | 170 | 83 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 8 | -25 | | -15 | -30 | 170 | | P.X. $s_{\text{мин}} = 300$ мм/мин |
| 9 | -25 | | 15 | | 87 | -83 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 10 | -25 | | 15 | | 55 | -32 | P.X. $s_{\text{мин}} = 300$ мм/мин |
| 9 | -25 | | 15 | | 87 | 32 | P.X. $s_{\text{мин}} = 300$ мм/мин |
| 11 | -25 | | -15 | | 170 | 83 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| 0 | 0 | 25 | 0 | 15 | 440 | 270 | X.X. $s = 10000$ мм/мин |
| $t_{\text{ог}} = 0,53$ мин | | | | | | $t_{\text{вв}} = 0,19$ мин | |

Проводим нормирование операции:

$$T_{\text{шт}} = t_o + t_b + t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}},$$

где $t_o = \sum t_{oi}$ – основное время на операцию, мин; (здесь t_{oi} – основное время выполнения i -перехода операции).

В данном случае:

$$t_o = t_{02} + t_{03} + t_{04} + t_{05} + t_{06} + t_{07} + t_{08} = \\ = 2,81 + 0,60 + 0,20 + 0,76 + 0,11 + 0,011 + 0,53 = 5,12 \text{ мин.}$$

$t_b = t_{\text{вв}} + \sum t_{bi}$ – вспомогательное время, включающее время $t_{\text{вв}}$ на установку и снятие заготовки и $\sum t_{bi}$, связанное с каждым переходом; в данном случае:

$$t_{\text{вв}} = 0,3 \text{ мин [9];} \\ \sum t_{bi} = 0,18 + 0,21 + 0,17 + 0,19 + 0,17 + 0,17 + 0,19 = 1,28 \text{ мин.} \\ t_b = 0,3 + 1,28 = 1,58 \text{ мин.}$$

$t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}}$ – время на обслуживание рабочего места и время на личные надобности составляет 16% от времени [9], т.е.:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}} = 0,16(5,12 + 1,58) = 1,07 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт}} = 5,12 + 1,58 + 1,07 = 7,77 \text{ мин};$$

Подготовительно-заключительное время $T_{\text{пз}}$ при обработке на станках с ЧПУ определяется по формуле:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}} + T_{\text{пз3}} + T_{\text{пз4}},$$

где $T_{\text{пз1}}$ - время, включающее получение наряда, чертежа, технологической документации и ознакомление с ними, равно 12 мин [9];

$T_{\text{пз2}}$ – время, учитывающее дополнительные работы, согласно [9] для нашего случая равно 18,3 мин;

$T_{\text{пз3}}$ – время пробной обработки одной заготовки, учитывается только тогда, когда на станке нет корректора, в данном случае равно нулю;

$T_{\text{пз4}}$ – время, связанное с приемами по наладке станка, равно для семи инструментов 32,4 мин [9].

$$T_{\text{пз}} = 12 + 18,3 + 32,4 = 62,7 \text{ мин.}$$

После технического нормирования заполняем технологическую документацию - операционную карту (рис. 15).

| ГОСТ 3.1404.86 Форма 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|------------------------|---------|-----|----|-------------|-------------|-------|-------------------|------|------|------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подп. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 10140.00002 | 3 | 1 | | | | |
| Разработал | | | | | №2 | | | 60140.00002 | | | | | | | |
| Проверил | | | | | | | | | | | | | | | |
| Планка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции | | | | Наименование материала | | | | Твердость | ЕВ | МД | Профиль и размеры | | | МЗ | КОИД |
| Фрезерно-сверильная | | | | Сталь 20 | | | | НВ 220 | | 0,56 | Лист | | | 1,05 | 1 |
| Оборудование, устройство ЧПУ | | | | Обозначение программы | | | | То | Тв | Пл.з. | Тшт. | сож | | | |
| 2254ВМФ4 | | | | | | | | 5,12 | 1,58 | 62,7 | 7,77 | | | | |
| Р | | | | Пи | Д или В | L | t | i | S | N | V | То | Тв. | | |
| O 01 | 1. Установить и снять заготовку. | | | | | | | | | | | | | | |
| T 02 | Приспособление | | | | | | | | | | | | | | |
| P 03 | | | | | | | | | | | | | | 0,3 | |
| O 04 | | | | | | | | | | | | | | | |
| O 05 | 2. Последовательно: фрезеровать плоскость, выдерживая размеры 4 и 1, фрезеровать паз, | | | | | | | | | | | | | | |
| O 06 | выдерживая размеры 1,2,3. | | | | | | | | | | | | | | |
| T 07 | Державка для фрезы ; фреза концевая Т15К6, Ø28 мм., ТУ2-035-591-71; скобы, шаблоны | | | | | | | | | | | | | | |
| P 08 | | | | 1 | 60 | 180 | 28 | 3 | 120 | 800 | 70 | 2,81 | 0,18 | | |
| O 09 | | | | | | | | | | | | | | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | | |

а

| ГОСТ 3.1404.86 Форма 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|--|--|----|---------|----|------|-------------|-------------|------|----|------|------|--|--|
| Дубл. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подп. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 10140.00002 | 3 | 2 | | | | |
| Разработал | | | | | №2 | | | 60140.00002 | | | | | | | |
| Проверил | | | | | | | | | | | | | | | |
| Планка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Р | | | | Пи | Д или В | L | t | i | S | N | V | То | Тв. | | |
| O 01 | 3. Центровать 3 отверстия, выдерживая размеры 11,6,5,7 и 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| T 02 | Державка для сверла; сверло цепочное ОСТ2420-5-80, Р6М5, Ø 6мм. | | | | | | | | | | | | | | |
| P 03 | | | | 2 | 5 | 7 | 2,5 | 1 | 126 | 1400 | 22 | 0,6 | 0,21 | | |
| O 04 | | | | | | | | | | | | | | | |
| O 05 | 4. Сверлить отверстия Ø15мм. в размеры 11 и 6. | | | | | | | | | | | | | | |
| T 06 | Державка для сверла; сверло спиральное Т15К6, ГОСТ 22736-77, Ø15мм. | | | | | | | | | | | | | | |
| P 07 | | | | 3 | 15 | 20 | 7,5 | 1 | 90 | 1000 | 47 | 0,2 | 0,17 | | |
| O 08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| O 09 | 5. Сверлить два отверстия Ø9,7 мм., выдерживая размеры 3,7,8. | | | | | | | | | | | | | | |
| T 10 | Державка для сверла; сверло спиральное Т15К6, ГОСТ 22736-77, Ø9,7 мм. | | | | | | | | | | | | | | |
| P 11 | | | | 6 | 9,7 | 20 | 4,85 | 1 | 98 | 1400 | 48 | 0,76 | 0,19 | | |
| OK | | | | | | | | | | | | | | | |

б

| ГОСТ 3.1404.86 Форма 3 | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|----|---------|----|------|---|-------|-------------|----|------|------|
| Дубл. | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | |
| Подп. | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 10140 00002 | 3 | 3 | |
| Разработал | | | | | | | | | | | |
| Проверил | | | | | | | | | | | |
| | | | | №2 | | | | 60140.00002 | | | |
| Планка | | | | | | | | | | | |
| Н. контроль | | | | | | | | | | | |
| Р | | Пи | Д или В | L | t | i | S | N | V | Т о. | Т в. |
| O 01 | 6. Зенкеровать отверстие Ø19,7 мм., выдерживая размеры 11 и 6. | | | | | | | | | | |
| T 02 | Державка для зенкера: зенкер Т15К6, ГОСТ 3231-71, Ø 19,7 мм. | | | | | | | | | | |
| P 03 | | 4 | 19,7 | 20 | 2,35 | 1 | 156,8 | 800 | 49 | 0,11 | 0,17 |
| 04 | | | | | | | | | | | |
| O 05 | 7. Развернуть отверстие, выдерживая размер 10. | | | | | | | | | | |
| T 06 | Державка для развертки; развертка Т15К6, ГОСТ 11175-80, Ø20Н7мм. | | | | | | | | | | |
| P 07 | | 5 | 20 | 30 | 0,15 | 1 | 240 | 800 | 50 | 0,11 | 0,17 |
| 08 | | | | | | | | | | | |
| O 09 | 8. Развернуть отверстие, выдерживая размер 9. | | | | | | | | | | |
| T 10 | Державка для развертки; развертка Т15К6, ГОСТ 11175-80, Ø10Н9мм. | | | | | | | | | | |
| P 11 | | 7 | 10 | 30 | 0,15 | 1 | 300 | 1000 | 47 | 0,53 | 0,19 |
| OK | | | | | | | | | | | |

В

Рис. 15. Пример заполнения операционной карты:
а – лист 1, б – лист 2, в – лист 3

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Маталин А.А.* Технология машиностроения: учеб. [Электронный ресурс] – СПб.: Лань, 2016. - 512 с.
<https://e.lanbook.com/book/71755>.
2. *Ковишов А.Н.* Технология машиностроения: учеб. [Электронный ресурс] – СПб.: Лань, 2016. - 320 с.
<https://e.lanbook.com/book/86015>
3. *Сысоев С.К.* Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: учеб. пособие [Электронный ресурс] / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2016. - 352 с.
<https://e.lanbook.com/book/71767>
4. *Ковальчук С.Н.* Технология машиностроения: учеб. пособие [Электронный ресурс] - Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2015. - 128 с. <https://e.lanbook.com/book/69457>.
5. Технология машиностроения. Лабораторный практикум: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.В. Коломейченко [и др.]. – СПб.: Лань, 2015. - 272 с.
<https://e.lanbook.com/book/67470>.
6. Курсовое проектирование для студентов специальности «Технология машиностроения»: учеб. пособие [Электронный ресурс] / О.М. Деев [и др.]. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. - 28 с.
<https://e.lanbook.com/book/52222>.
7. Технология машиностроения. Лабораторный практикум: учеб. пособие [Электронный ресурс] / В.Ю. Блюменштейн [и др.]. - Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2009. - 122 с.
<https://e.lanbook.com/book/6664>.
8. *Седых Л.В.* Технология машиностроения: практикум [Электронный ресурс] – М.: МИСИС, 2015. - 73 с.
<https://e.lanbook.com/book/69757>.
9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. / Под ред. А.М. Дальского и др. – М.: Машиностроение, 2003.

**Базы данных, электронно-библиотечные системы,
информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>.
2. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - www.consultant.ru/.
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>.
4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>.
5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>. <https://e.lanbook.com/books>.
7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru.
9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань».
10. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ).
11. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>.
12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
13. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru>.
14. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru>.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 3 |
| Общие методические рекомендации | 7 |
| Примеры выполнения заданий..... | 12 |
| Задание №1 «Разработка операции технологического процесса, выполняемой на токарном станке с ЧПУ»..... | 12 |
| Задание №2 «Разработка операции технологического процесса, выполняемой на сверлильно-фрезерно-расточном станке с ЧПУ».. | 39 |
| Библиографический список..... | 54 |