

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ.  
ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ С ЧПУ.  
ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА  
СТАНКАХ С ЧПУ.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ НА  
ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ**

Методические указания по выполнению лабораторных и практических работ для студентов специальностей  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»,  
1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий»,  
1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение и приборостроение)»

Витебск  
2018

Составители:

Д. Г. Латушкин, А. Л. Климентьев

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 3 от 30.03.2018.

**Технология обработки на станках с ЧПУ. Программирование и обработка на станках с ЧПУ. Технология и программирование обработки на станках с ЧПУ. Проектирование операций обработки на фрезерных станках с ЧПУ** : методические указания по выполнению лабораторных и практических работ / сост. Д. Г. Латушкин, А. Л. Климентьев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 39 с.

Методические указания являются руководством по выполнению лабораторных и практических работ по проектированию операций обработки на фрезерных станках с ЧПУ по учебным дисциплинам «Технология обработки на станках с ЧПУ», «Программирование и обработка на станках с ЧПУ», «Технология и программирование обработки на станках с ЧПУ». Изложены общие правила и последовательность проектирования операций, содержание и методика выполнения работ, а также варианты индивидуальных заданий. Кроме того, приведены примеры оформления технологической документации и некоторые справочные сведения, необходимые для выполнения работ. Предназначены для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий», 1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение и приборостроение)».

УДК 621.9

© УО «ВГТУ», 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1                                   |    |
| ИЗУЧЕНИЕ СТЕНДА С ЧПУ НА ЛИНЕЙНЫХ МОДУЛЯХ .....         | 4  |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2                                   |    |
| ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФРЕЗЕРНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ .... | 7  |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....                   | 17 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А.   |    |
| ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....              | 28 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б.   |    |
| ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЕТА.....         | 38 |

## Лабораторная работа 1 ИЗУЧЕНИЕ СТЕНДА С ЧПУ НА ЛИНЕЙНЫХ МОДУЛЯХ

*Цель работы:* ознакомиться с конструкцией, основными техническими характеристиками и органами управления станка с ЧПУ на линейных модулях.

Стенд с числовым программным управлением на линейных модулях модели СТР-1 предназначен для имитации обработки заготовок на фрезерных станках с ЧПУ. Общий вид станка показан на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Пульт оператора станка с ЧПУ на линейных модулях модели СТР-1:

- 1 – дисплей, 2 – клавиши выбора функций, 3 – клавиши настройки и редактирования,
- 4 – клавиши меню, 5 – клавиши включения системы, 6 – тумблер переключения режимов работы системы, 7 – тумблер переключения рабочей подачи, 8 – тумблер переключения ускоренной подачи, 9 – тумблер частоты вращения шпинделя,
- 10 – световая индикация, 11 – клавиши переключения режимов работы с программой, 12 – клавиши дополнительных функций, 13 – клавиши включения управляющей программы, 14 – аварийное выключение системы

Стенд работает в **наладочном** и **полуавтоматическом** режимах.

Для перехода в **наладочный** режим работы переключатель <MODE> на станочном пульте управления включить в положение <JOG>.

В наладочном режиме производятся независимые включения и отключения механизмов и узлов станда:

1. Кнопкой <SP ПО ЧАСОВОЙ> и <SP ПРОТИВ ЧАСОВОЙ> включается вращение шпинделя в выбранном направлении, кнопкой <SP СТОП> выключается вращения шпинделя.

2. Кнопками <ТРАНСПОРТЕР ВКЛ>, <ТРАНСПОРТЕР ВЫКЛ> производится соответственно включение и отключение транспортера.

3. Кнопками <СОЖ ВКЛ>, <СОЖ ВЫКЛ> производится соответственно включение и отключение охлаждения.

4. Кнопками <ДЕТАЛЬ ЗАЖИМ>, <ДЕТАЛЬ РАЗЖИМ> производится соответственно зажим и разжим детали.

5. Кнопками <ИНСТРУМЕНТ ЗАЖИМ>, <ИНСТРУМЕНТ РАЗЖИМ> производится соответственно зажим и разжим инструмента.

6. Кнопкой <X+> включается безразмерное перемещение по координате X в <+>.

7. Кнопкой <X-> включается безразмерное перемещение по координате X в <->.

8. Кнопкой <Y+> включается безразмерное перемещение по координате Y в <+>.

9. Кнопкой <Y-> включается безразмерное перемещение по координате Y в <->.

10. Для ускоренного перемещения по координатам станда необходимо переключатель <MODE> на станочном пульте управления включить в положение 7 <RAPID>.

11. Для перемещения по осям от ручного маховика необходимо переключатель <MODE> на станочном пульте управления включить в положение 5 <HANDLE>.

Выбор оси, по которой движение реализуется от маховика, осуществляется кнопкой <X HANDLE> или <Y HANDLE>.

12. В случае наезда на конечный выключатель аварийного ограничения (на дисплее загорается соответствующее сообщение), нажатием кнопки <ДЕБЛОКИРОВКА> производится деблокировка оси, по которой произошло аварийное ограничение. Кнопками <X->, <X+>, <Y+> и <Y-> производится съезд по оси с аварийного ограничения, после чего деблокирование автоматически отключается.

Для перехода в **полуавтоматический** режим работы переключатель <MODE> включить в положение <ZRN>. Кнопками <X-> и <Y-> вернуть координаты в исходное положение. Переключатель <MODE> включить в положение 3 <AUTO>. Выбран полуавтоматический режим.

Далее нужно выполнить следующие действия:

1. Нажать деталь кнопкой <ЗАЖИМ ДЕТАЛИ>.

2. Зажать инструмент кнопкой <ЗАЖИМ ИНСТРУМЕНТА>.
3. Нажатием кнопки <СОЖ ВКЛ> включается подача охлаждения во время цикла обработки.
4. Нажатием кнопки <ПУСК> включить цикл обработки детали. Произойдет обработка детали по программе.

Предусмотрена покадровая отработка программы, которая реализуется нажатием кнопки <ПОКАДРОВО>.

Предусмотрен быстрый прогон отработки программы, который реализуется нажатием кнопки <БЫСТРЫЙ ПРОГОН>.

Предусмотрен пропуск кадра, который реализуется нажатием кнопки <ПРОПУСК КАДРА>.

## Лабораторная работа 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФРЕЗЕРНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

*Цель работы:* практически освоить методики проектирования операций обработки на фрезерном станке с ЧПУ.

### *Порядок выполнения работы*

1. Проанализировать заданный вариант.
2. Построить 3D-модель детали.
3. Определить конфигурацию заготовки.
4. Разработать технологический маршрут обработки детали.
5. Выбрать режущий и мерительный инструмент.
6. Выбрать значения глубин резания, подач и скоростей резания.
7. Рассчитать координаты опорных точек.
8. Выполнить операционный эскиз (эскиз наладки).
9. Разработать управляющую программу обработки на фрезерном станке с ЧПУ.
10. Оформить технологическую документацию по ГОСТ 3.1404-86: операционную карту, карту эскизов и карту наладки инструмента.

Пример оформления отчета приведен в приложении А.

### *Выбор траектории движения режущих инструментов при фрезерной обработке*

**Построение траекторий рабочих перемещений.** При разработке технологии обработки на станках с ЧПУ одной из наиболее сложных проблем является рациональный выбор траектории рабочих перемещений инструмента на переходах. Правильный выбор траекторий движения режущих инструментов позволяет сократить основное время обработки и количество инструментов в наладке.

Перемещение фрезерных инструментов с рабочей подачей включает подвод к детали для врезания, резание и перебеги для обеспечения полной обработки поверхности детали. Для выбора траекторий и величин врезания и перебега можно воспользоваться типовыми схемами перемещений.

Предварительное фрезерование открытых плоскостей шириной  $B \leq 0,8D$  выполняется за один проход (рис. 2.1 а). Направление движения выбирается так, чтобы деталь прижималась к опорам. Обработку контурных плоскостей шириной  $B < 0,65D$  производят по схеме, приведенной на рисунке 2.1 б. Для фрезерования плоскостей, состоящих из отдельных удаленных друг от друга участков, используется схема (рис. 2.1 в), позволяющая осуществлять перемещения от участка к участку на быстром ходу.

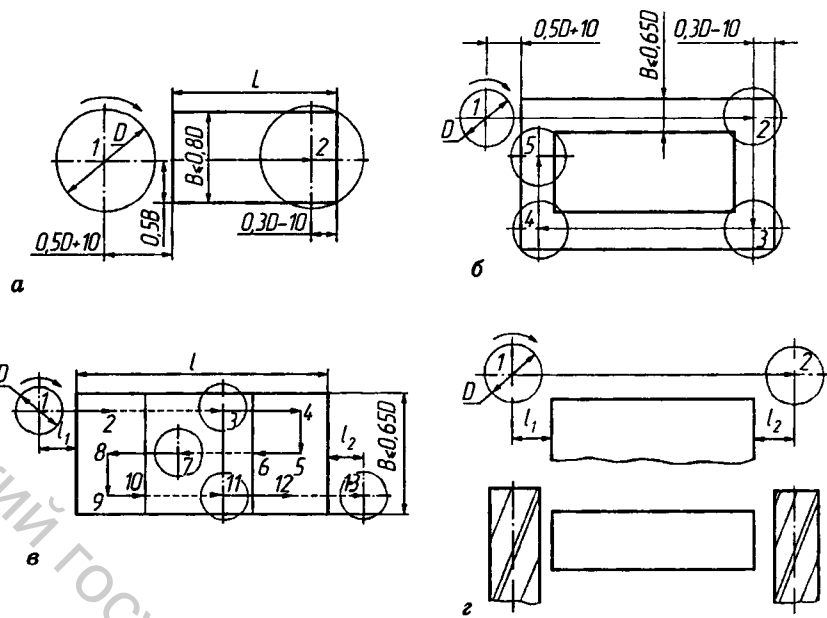


Рисунок 2.1 – Схема перемещения инструмента при предварительной обработке открытых плоскостей ( $l_1 = l_2 = 0,5D + 10$ ): сплошной линией показаны перемещения с рабочей подачей, штриховой – на быстром ходу; 1–13 – номера опорных точек

Схема, приведенная на рисунке 2.1 з, применяется при обработке плоскостей концевой фрезой.

Чистовая обработка плоскостей может выполняться по двухпроходной схеме (рис. 2.2 а) или перемещением фрезы зигзагом (рис. 2.2 б). Для чистовой обработки контурных поверхностей целесообразно применять схему, показанную на рисунке 2.2 в.

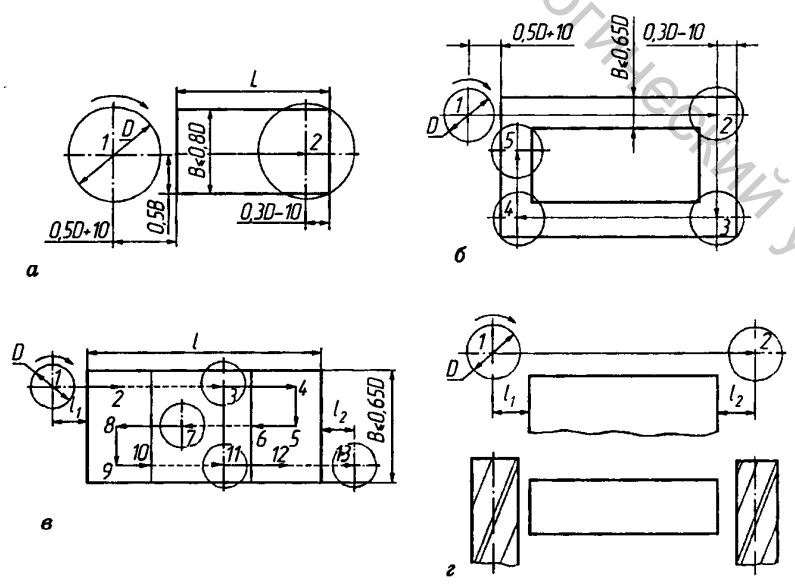


Рисунок 2.2 – Схема перемещений инструмента при чистовой обработке открытой плоскости торцовыми зубьями фрезы ( $\alpha$  – угол наклона траектории)

Обработка пазов концевой, дисковой или шпоночной фрезой выполняется за один – три прохода. Неточные пазы шириной  $B = D$  обрабатываются за один проход (рис. 2.3 а), а шириной  $D < B < 2D$  – за два прохода (рис. 2.3 б, в).

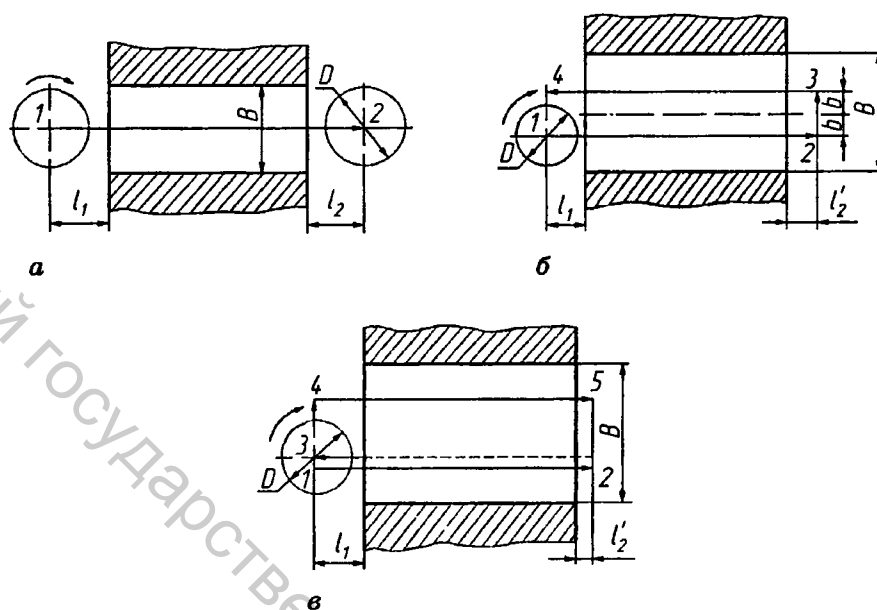


Рисунок 2.3 – Схемы перемещения фрез при обработке пазов:

а – за один проход; б – за два прохода с рабочей подачей в обе стороны;

в – за два прохода с рабочей подачей в одну сторону;

$$l_1 = l_2 = 0,5D + 10; l'_2 = 10 \text{ мм}; b = (B - D) / 2$$

Если ширина паза  $2D < B < 3D$ , то сначала обрабатывается центральная часть паза, а затем его боковые стороны. Обработка пазов шириной  $B > 3D$  осуществляется так, что боковые стороны обрабатываются концевой фрезой за два прохода, а средняя часть – торцевой фрезой по схеме, приведенной на рисунке 2.2 а.

С позиций проектирования траектории инструментов при фрезерной контурной обработке можно выделить два семейства поверхностей. В первое входят поверхности, обрабатываемые с приданием траектории вида замкнутой строки, которой обводится обрабатываемый контур. Такой путь инструмента получил название *строка*. Строкой обрабатываются криволинейные контуры плоских деталей. Во второе семейство входят поверхности, которые обрабатываются движением инструмента по траекториям, представляющим собой параллельные строки с противоположными направлениями или спиралеобразные. Этот вид пути инструмента получил название *обход*. Обходом обрабатываются выпуклые и вогнутые поверхности пространственно-сложных форм (пуансоны, матрицы).

Специфичны подходы к проектированию траекторий черновых и чистовых проходов. Основное требование к черновым проходам –

обеспечение равномерного припуска для чистовых проходов. Если при чистовых проходах траектория инструмента вполне определенная, то черновые проходы, особенно при обработке выборок, могут иметь самые разнообразные траектории. Такое многообразие затрудняет работу как технологов, так и программистов. Поэтому в станках с ЧПУ широко используют так называемые типовые траектории. Так, для случая фрезерной обработки могут быть применены следующие типовые траектории:

- 1) спираль Архимеда с проходами, эквидистантными обрабатываемому контуру;
- 2) ленточная спираль с проходами, эквидистантными обрабатываемому контуру;
- 3) ленточная спираль с проходами, не эквидистантными обрабатываемому контуру;
- 4) сложная траектория, форма которой является комбинацией.

При разработке траектории недопустимы остановка фрезы или резкое изменение подачи в процессе резания, когда режущие кромки фрезы соприкасаются с обрабатываемой поверхностью. В этом случае неизбежны повреждения поверхности (зарезы, подрезы).

На рисунке 2.4 показаны два способа обвода контура. При первом способе (рис. 2.4 а) объем программирования возрастает, однако скорость контурной подачи постоянна, что обуславливает постоянство упругого отжатия фрезы. При втором способе (рис. 2.4 б) в точке А траектории скорость контурной подачи примет нулевое значение. В результате отжатие исчезнет и силы упругости приведут к врезанию фрезы.

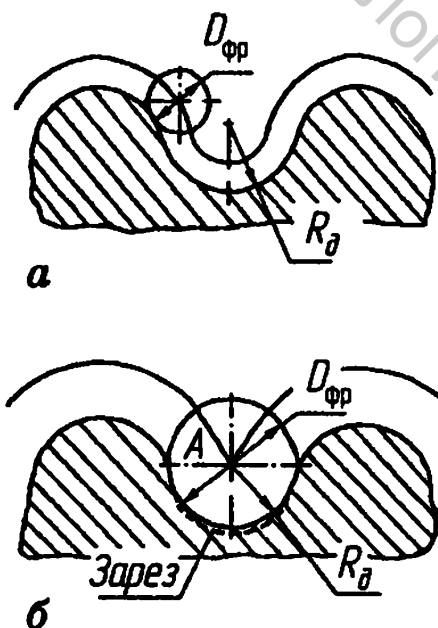


Рисунок 2.4 – Схемы обвода контура:

а – эквидистанта при  $D_{фр} < D_{\delta}$ ; б – эквидистанта при  $D_{фр} = D_{\delta}$

Обвод внутреннего контура (рис. 2.5) с радиусным закруглением в вершине, равным радиусу фрезы, сопряжен с возникновением искажения (зареза) контура вследствие упругих деформаций технологической системы, поскольку значение скорости подачи в точке  $A$  равно нулю.

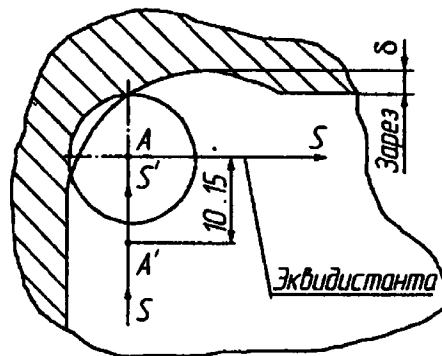


Рисунок 2.5 – Схема искажения внутреннего обрабатываемого контура

Уменьшение искажений может быть достигнуто снижением подачи  $S(S' = S/3)$  на участке подхода (с точки  $A'$ ) и предварительным искажением траектории. При обводе контура деталей могут встретиться прямые и острые углы, когда скорость замедляется, достигая нулевых значений (рис. 2.6 а, точка  $A$ ), а затем начинает резко возрастать. При этом неизбежно возникновение подрезов. Поэтому для получения прямых (или острых) углов необходимо предусматривать петлеобразную (рис. 2.6 б) или дугообразную (рис. 2.6 в) траекторию.

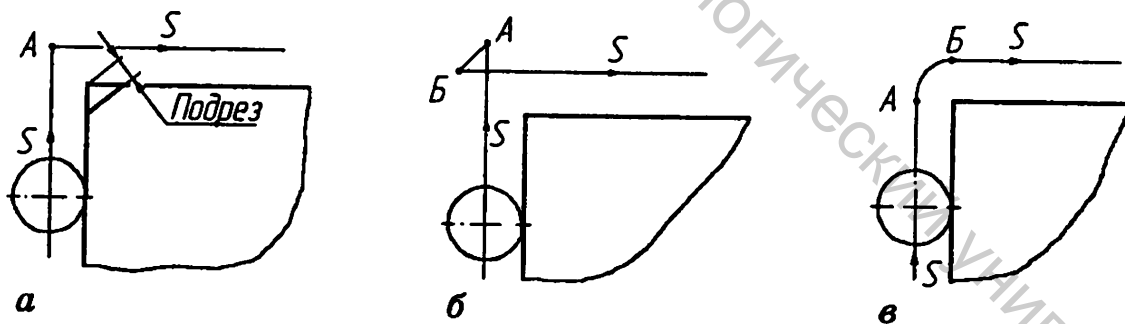


Рисунок 2.6 – Траектории инструмента при обводе прямого угла

Черновое фрезерование отверстий концевой фрезой выполняется с врезанием по радиусу (рис. 2.7 а), а полустиковое – с врезанием сначала по радиусу, а затем по дуге окружности (рис. 2.7 б). При обработке выемок и карманов в тех случаях, когда предварительное сверление отверстия для вывода фрезы нецелесообразно, предпочтительна схема, приведенная на рисунке 2.7 в. Кольцевые канавки в отверстиях фрезеруются дисковой трехсторонней или однозубой фрезой по схеме, показанной на

рисунке 2.7 г. Если ширина канавки превышает ширину фрезы, выполняется несколько проходов.

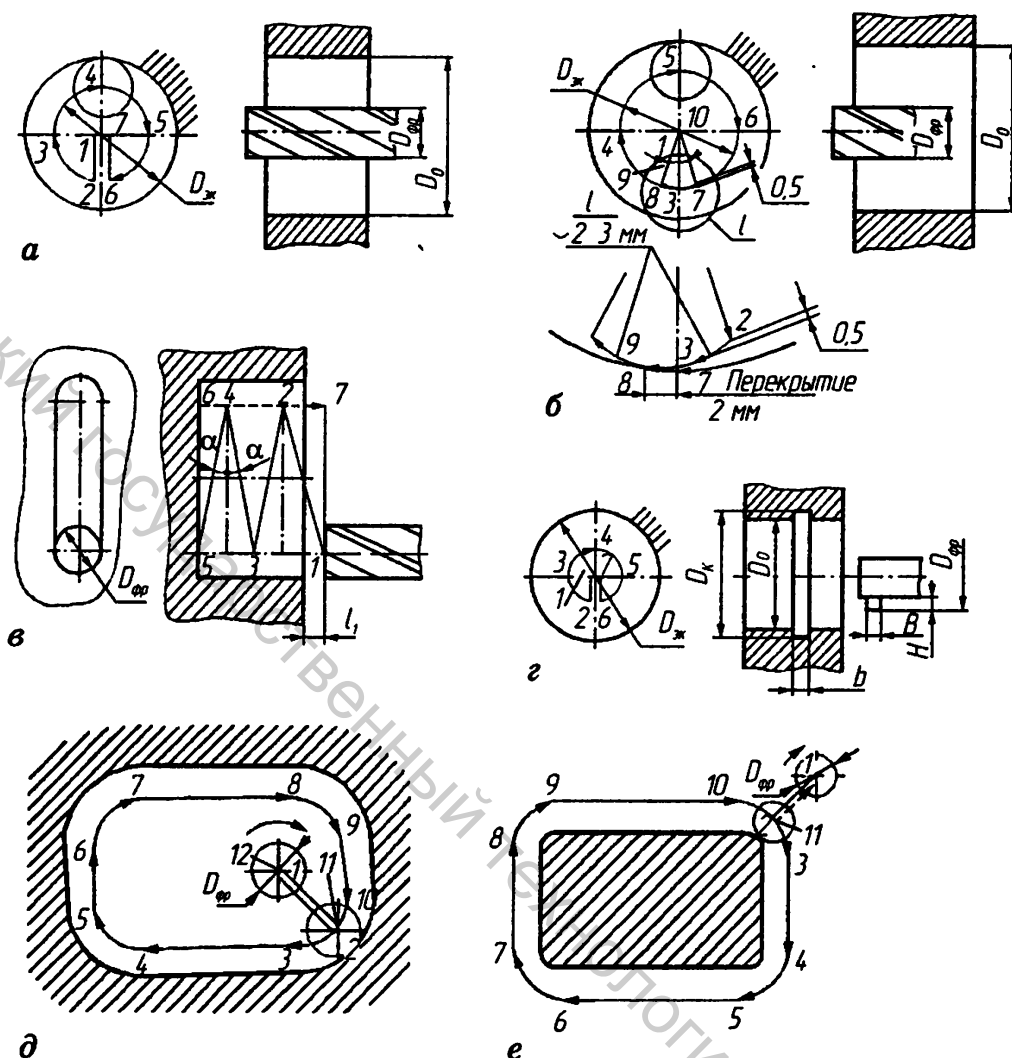


Рисунок 2.7 – Схемы перемещения фрез при обработке криволинейных контуров:

- a* – черновое разфрезеровывание с врезанием по радиусу;
- б* – получистовое разфрезеровывание с врезанием по радиусу и дуге;
- в* – врезание фрезы зигзагом; *г* – обработка кольцевых канавок;
- д, е* – чистовая обработка внутренних и наружных контуров;
- $D_{фр}$ ,  $D_o$ ,  $D_{эк}$ ,  $D_k$  – диаметры соответственно фрезы, отверстия, эквидистанты, канавки;  $D_o$  – угол наклона траектории;  $B$ ,  $b$  – ширина канавки и фрезы соответственно;  $H$  – вылет зуба фрезы

Фрезерование внутренних контуров (окон) целесообразно выполнять по схеме, приведенной на рисунке 2.7 *д*, а наружных контуров – по схеме, показанной рисунке 2.7 *е*. При этом черновое фрезерование рекомендуется выполнять с врезанием по радиусу, а получистовое – по касательной.

**Построение траекторий вспомогательных перемещений.** В силу кажущейся простоты обработки технологами зачастую не учитываются закономерности врезания инструмента в припуск, а также отвода его от обрабатываемой поверхности. Однако анализ показывает, что траектория вспомогательных перемещений существенно влияет на производительность и точность обработки.

При построении траектории часто приходится предусматривать дополнительные перемещения инструмента. Так, при выборке металла внутри контура может использоваться фреза, имеющая радиус, равный радиусу сопряжения стенок (рис. 2.8).

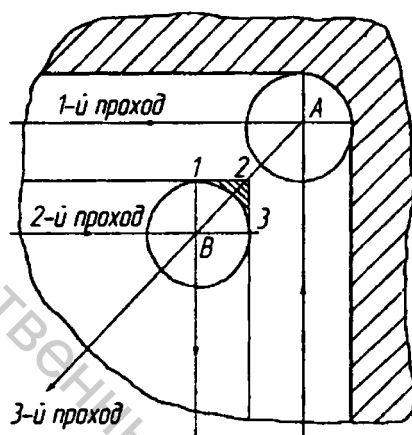


Рисунок 2.8 – Схема обработки контура фрезой с радиусом, равным радиусу сопряжения стенок

После выборки металла внутри контура остается необработанный участок в виде криволинейного треугольника  $1\ 2\ 3$ . Для его удаления необходимо вернуть инструмент в точку  $A$  и назначить дополнительный проход (третий) в направлении  $AB$ . Если изменить траекторию при втором проходе, то надобность в третьем отпадет.

При обработке внешнего контура врезание фрезы должно осуществляться по касательной к контуру (рис. 2.9 *a*).

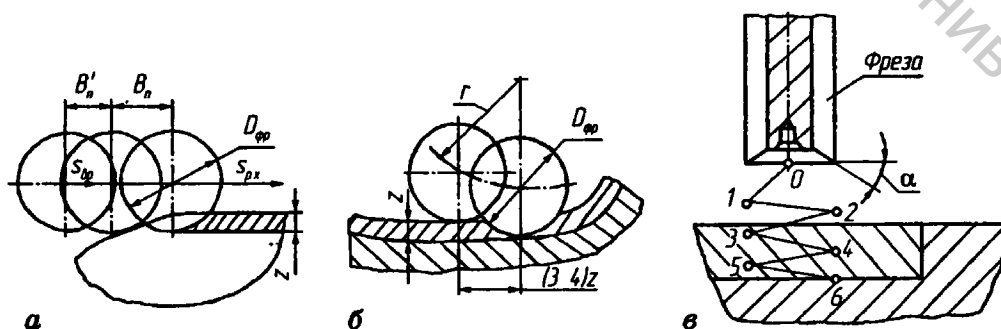


Рисунок 2.9 – Траектория врезания:  
*a* – при обработке внешнего контура; *b* – при обработке внутреннего контура; *v* – в сплошной металл

Здесь участок  $B'_n$  представляет путь, на котором скорость холостого хода  $v_{x.x}$  тормозится до скорости подачи врезания  $v_{вр}$ . На участке  $B_n$  происходит врезание с дальнейшим снижением скорости подачи до рабочего значения  $S_{р-х}$ .

В случае обработки внутренних контуров инструмент должен при врезании в припуск  $z$  перемещаться по криволинейной траектории (рис. 2.9 б). Наиболее приемлемой кривой является участок окружности радиусом  $r$ , определяемый из условия, что путь врезания равен  $(3...4) z$ .

Врезание инструмента (фрезы) со стороны его торца (рис. 2.9 в) осуществляется по пилообразной траектории. При этом во избежание «затирания» инструмента наклон прямых 1–2, 2–3,... по отношению к торцу фрезы не должен превышать величины угла  $\alpha$ .

### ***Назначение режимов резания***

Работа станка с ЧПУ не может быть успешной, если имеются ошибки в выборе параметров режимов резания. Эти параметры назначаются технологом-программистом на основании справочников, либо формируются автоматически ЭВМ, на которой ведется подготовка УП, по ряду исходных данных.

При ручном программировании при выборе режимов резания при обработке деталей на станках с ЧПУ, в принципе, сохраняется методика, разработанная для обычных станков, но вместе с тем существуют некоторые особенности.

Общая последовательность выбора параметров режима резания при токарной обработке:

- 1) глубина резания;
- 2) подача;
- 3) скорость резания.

### ***Расчет траектории инструмента***

Расчет траектории инструмента при ручном программировании фрезерной обработки на станках с ЧПУ состоит, прежде всего, в определении координат опорных точек на контуре детали и (если траектория является эквидистантной к обрабатываемому контуру) на эквидистанте. При этом предполагается, что принятую траекторию, фиксированную опорными точками, при обработке последовательно обходит центр инструмента. При расчете траектории инструмента уточняют параметры резания (скорость резания и подачу) на отдельных участках траектории. Для удобства координаты опорных точек можно занести в таблицу.

### **Структура управляющей программы (УП)**

При построении УП в последовательности кадров программы записывается только та геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая изменяется по отношению к предыдущему кадру. Другими словами, для большинства команд, представляемых в УП, действительно правило, согласно которому записанная в данном кадре функция не повторяется в последующих кадрах и отменяется лишь другой командой из этой группы или специальной командой отмены, отменяющей все команды данной группы (унимодалность).

УП должна начинаться символом «%» – «начало программы», после которого должен стоять символ «;» – «конец кадра». Кадр с символом «%» не нумеруется. Нумерация кадров программы начинается с последующего кадра. Любая группа символов, не подлежащая отработке на станке, должна быть заключена в круглые скобки. Внутри скобок не должны применяться символы «%» («начало программы») и «:» («главный кадр»). Группа символов, заключенная в скобки, может быть выведена на монитор и служить в качестве указаний оператору.

Управляющая программа должна заканчиваться символом «конец программы» или «конец информации» M02.

### **Структура кадров, составляющих УП**

К структуре кадра УП предъявляют определенные требования, в частности следующие:

1. Каждый кадр должен включать:
  - 1.1. Номер кадра (N10).
  - 1.2. Информационные слова или слово.
  - 1.3. Символ «;» («конец кадра»).
2. Информационные слова в кадре рекомендуется записывать в следующей последовательности:
  - 2.1. Слово (или слова) «подготовительная функция» – G.
  - 2.2. Слова «размерные перемещения», которые рекомендуется записывать в последовательности символов: X, Y, Z, P, Q, R.
  - 2.3. Слова «параметр интерполяции или шаг резьбы»: I, J, K.
  - 2.4. Слово (или слова) «функция подачи», которое относится только к определенной оси и должно следовать непосредственно за словом «размерное перемещение», к которому оно относится – F.
  - 2.5. Слово «функция главного движения» – S.
  - 2.6. Слово (или слова) «вспомогательная функция» – M.
3. В пределах одного кадра не должны повторяться слова «размерные перемещения» и «параметр интерполяции или шаг резьбы» с одной кодовой буквой.

4. В пределах одного кадра не должны использоваться слова «подготовительная функция» – G, входящие в одну группу.

### ***Запись слов в кадрах управляющей программы***

Каждое слово в кадре УП должно содержать: символ адреса (латинская прописная буква); математический знак «плюс» или «минус» (при необходимости); последовательность цифр.

Слова в УП могут быть записаны одним из двух способов:

- 1) без использования десятичного знака (0–99999);
- 2) с использованием десятичного знака (0.000–99999.999).

Незначащие нули, стоящие до и (или) после знака, могут быть опущены, например, запись X.08 означает размер 0,08 мм по оси X; X950 – размер 950,0 мм по оси X. Размер, представленный одними нулями, должен быть выражен, по крайней мере, одним нулем.

Математический знак («плюс» или «минус») является составной частью слова «размерное перемещение» и должен предшествовать первой цифре каждого размера. Знак «плюс» допускается опускать.

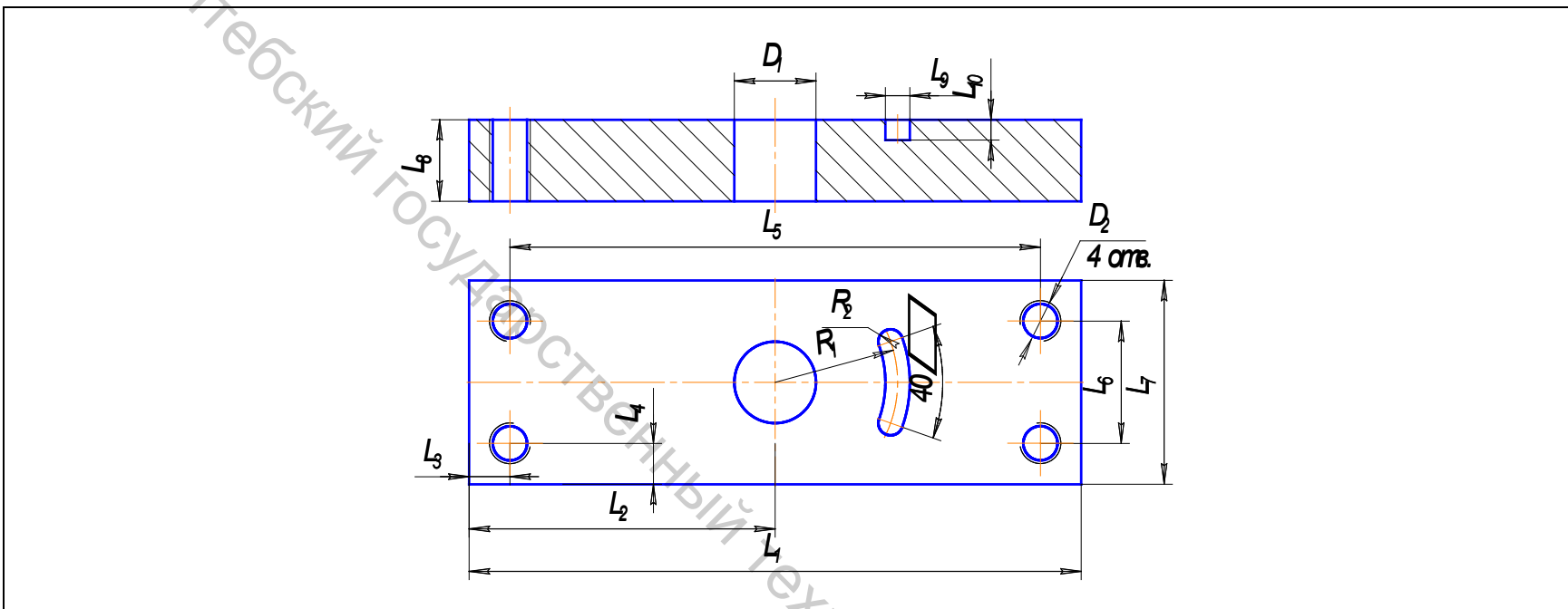
### ***Составление карты операционного эскиза и карты наладки***

При подготовке управляющей программы к фрезерному станку с ЧПУ в технологической документации следует выделить карту операционного эскиза и операционную технологию. На карте эскизов приводят эскиз детали после выполнения данной запрограммированной операции.

Определив по технологии последовательность переходов токарной операции, технолог-программист составляет карту наладки на операцию. В карте наладки показывается базирование заготовки, тип и размеры зажимных устройств и элементов, взаимное расположение заготовки и суппорта, находящегося в нуле программы, типы инструментальных блоков и режущих инструментов и их привязка к позициям суппорта, а также другие сведения, необходимые как для разработки УП, так и для наладки станка.

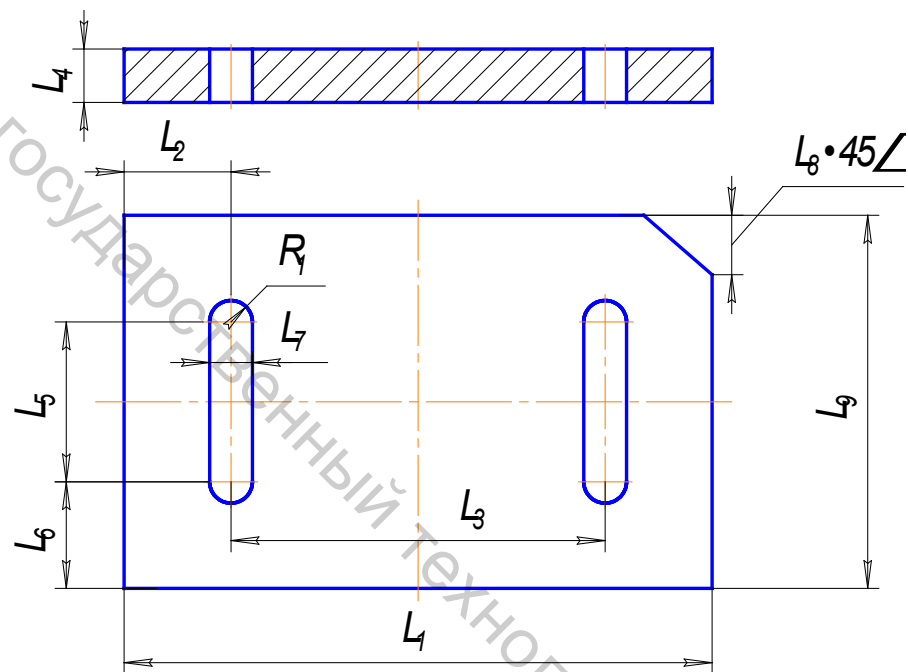
## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматизированная подготовка программ для станков с ЧПУ : справочник / Р. Э. Сафраган [и др.] ; под ред. Р. Э. Сафрагана. – Киев : Техника, 1986. – 191 с.
2. Автоматизация проектирования и подготовки производства. Информационные материалы. – Москва : АО «ТопСистемы», 2000. – 24 с.
3. Голиков, А. В. Корпоративные решения CAD/CAM и управление инженерным документооборотом / А. В. Голиков // READ-ME. – 1998. – № 5. – С. 34–35.
4. Власов, С. Н. Справочник наладчика агрегатных станков и автоматических линий / С. Н. Власов, Б. И. Черпаков. – Москва : Высш. шк., 1999. – 384 с.
5. Замятин, В. К. Технология и оснащение сборочного производства машиностроения : справочник / В. К. Замятин. – Москва : Машиностроение, 1995. – 608 с.
6. Гжиров, Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ / Р. И. Гжиров, П. П. Серебеницкий. – Ленинград : Машиностроение, 1990. – 588 с.

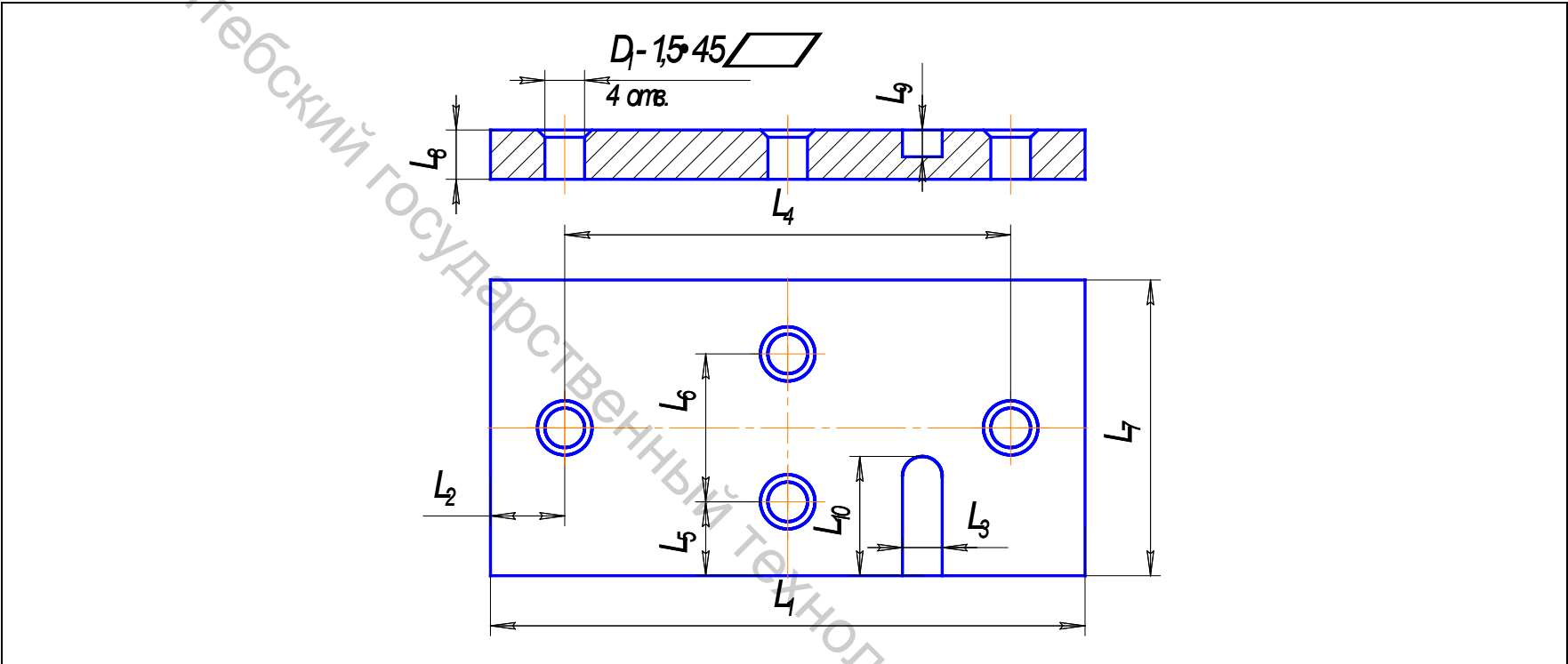


| Вариант | Материал  | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ | $L_{10}$ | $D_1$ | $D_2$ | $R_1$ | $R_2$ |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 1       | Ст 3 пс   | 400   | 200   | 20    | 20    | 360   | 260   | 300   | 20    | 10    | 10       | 20H9  | M12   | 100   | 5     |
| 2       | Сталь 20  | 200   | 80    | 15    | 15    | 170   | 120   | 150   | 15    | 6     | 8        | 15    | M10   | 50    | 3     |
| 3       | АД        | 150   | 80    | 10    | 10    | 130   | 80    | 100   | 10    | 8     | 6        | 12H8  | M8    | 30    | 4     |
| 4       | Сталь 40X | 180   | 90    | 8     | 8     | 164   | 134   | 150   | 14    | 5     | 5        | 16H7  | M6    | 40    | 2,5   |
| 5       | Сталь 45  | 250   | 110   | 12    | 12    | 226   | 176   | 200   | 16    | 7     | 4        | 20H8  | M10   | 45    | 3,5   |

19



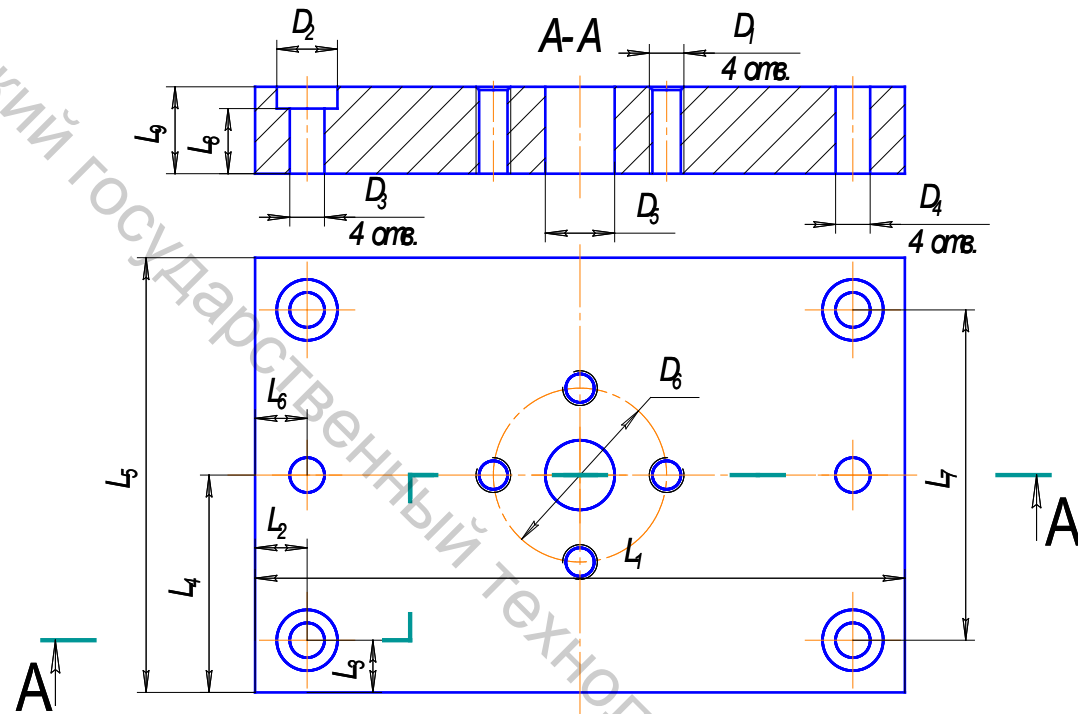
| Вариант | Материал   | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ | $R_1$ |
|---------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6       | Сталь 45   | 350   | 25    | 300   | 10    | 40    | 20    | 16    | 40    | 150   | 8     |
| 7       | Латунь Л63 | 300   | 40    | 220   | 6     | 30    | 15    | 12    | 30    | 100   | 6     |
| 8       | Сталь 20   | 250   | 50    | 100   | 5     | 25    | 25    | 8     | 25    | 120   | 4     |
| 9       | Сталь 40Х  | 200   | 80    | 60    | 10    | 20    | 10    | 6     | 15    | 80    | 3     |
| 10      | Ст 3 пс    | 240   | 30    | 120   | 5     | 35    | 15    | 10    | 20    | 90    | 5     |



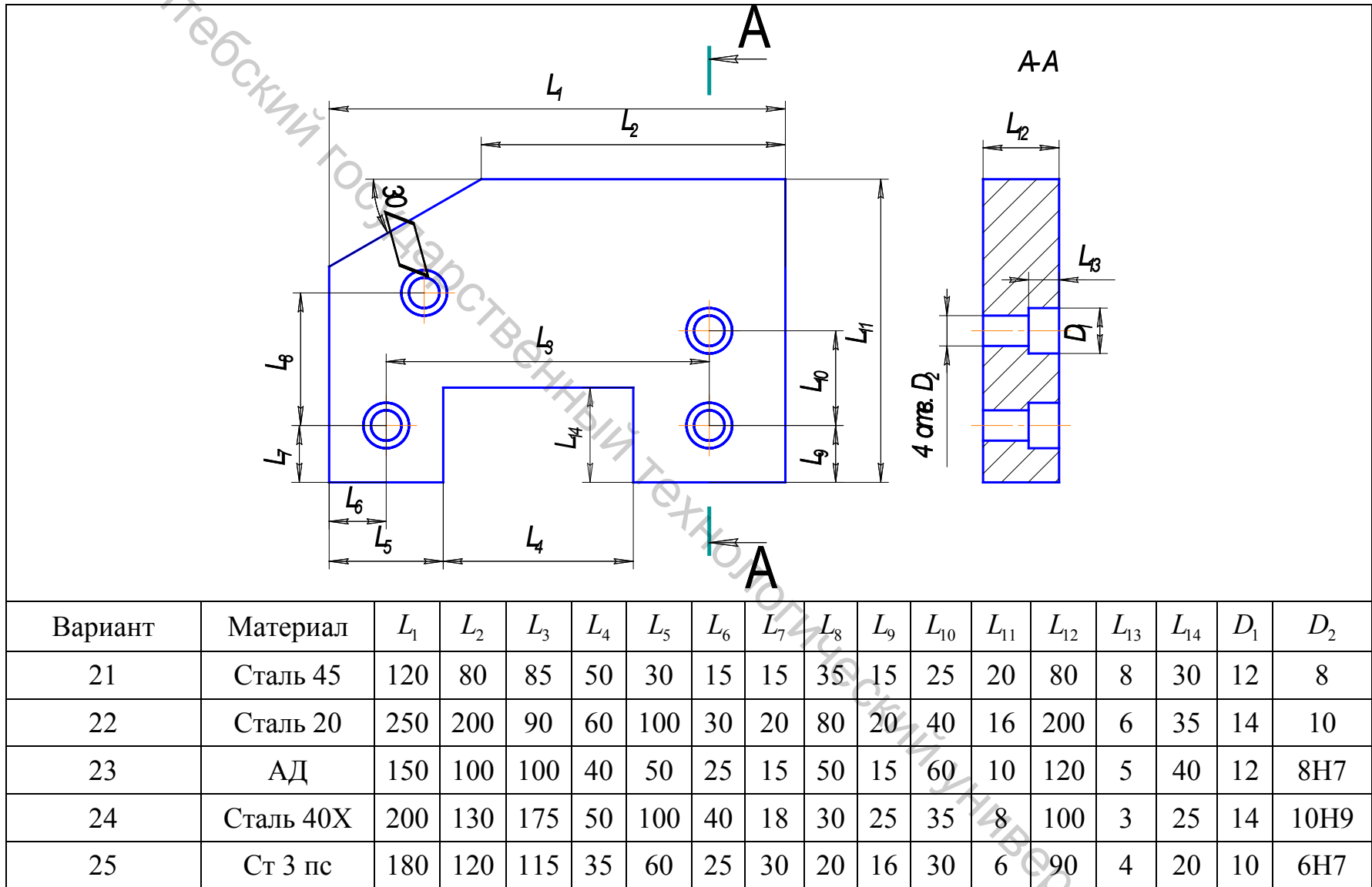
20

| Вариант | Материал  | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ | $L_{10}$ | $D_1$ |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
| 11      | АД        | 120   | 15    | 10    | 90    | 15    | 30    | 60    | 10    | 4     | 20       | 8H8   |
| 12      | Сталь 40X | 200   | 20    | 12    | 160   | 30    | 40    | 180   | 20    | 10    | 80       | 9H10  |
| 13      | Ст 3 пс   | 250   | 50    | 8     | 150   | 40    | 100   | 120   | 16    | 5     | 30       | 10H7  |
| 14      | Сталь 20  | 180   | 15    | 14    | 150   | 20    | 50    | 100   | 10    | 3     | 50       | 12H9  |
| 15      | Сталь 45  | 160   | 25    | 6     | 120   | 10    | 30    | 80    | 25    | 10    | 35       | 14H12 |

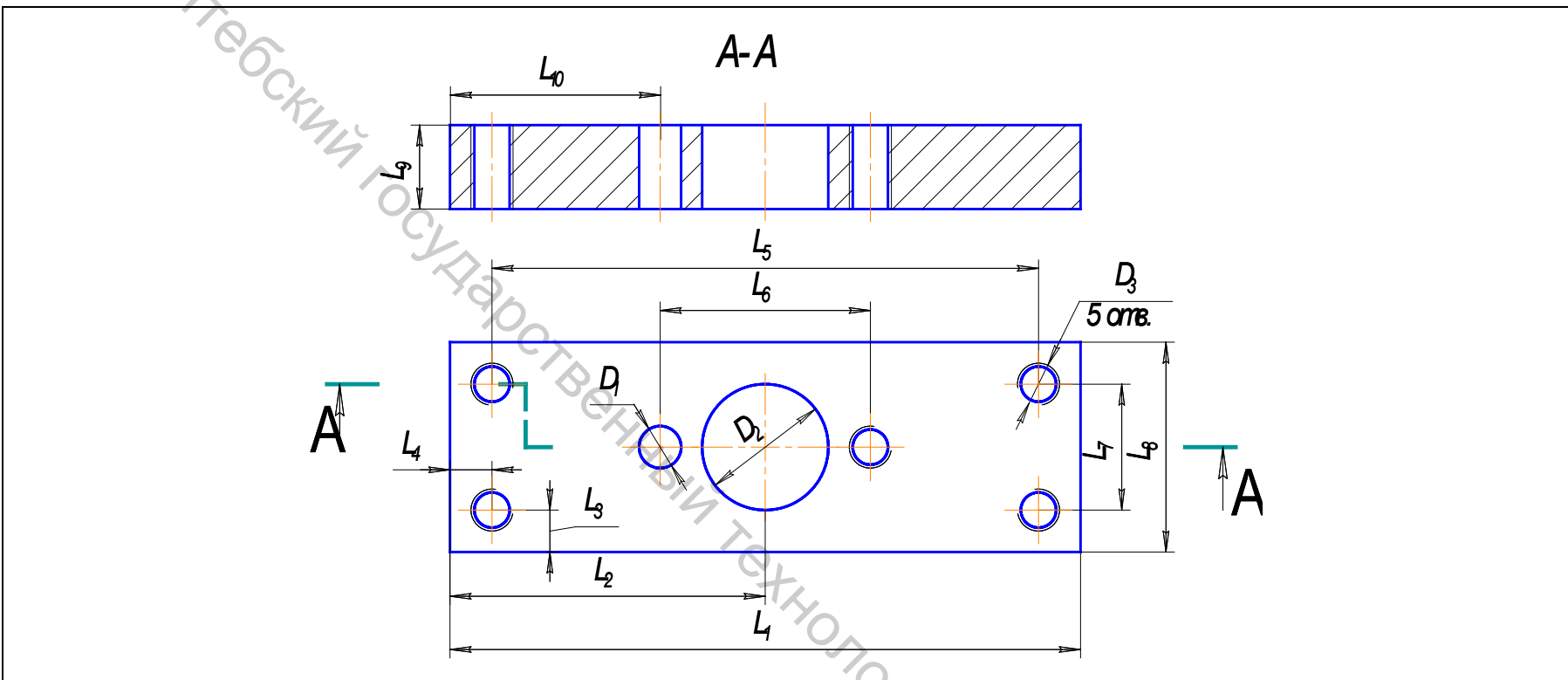
21



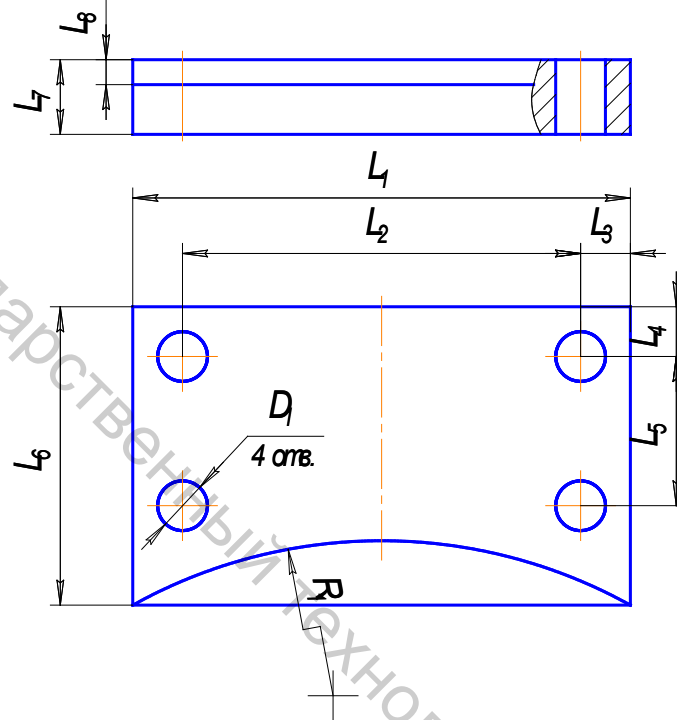
| Вариант | Материал  | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $D_6$ |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 16      | Ст 3 пс   | 150   | 12    | 12    | 50    | 100   | 12    | 76    | 15    | 20    | M8    | 14    | 8     | 10    | 16H7  | 40    |
| 17      | Сталь 40X | 200   | 20    | 15    | 110   | 200   | 20    | 170   | 10    | 15    | M10   | 12    | 8     | 6H8   | 22    | 60    |
| 18      | Сталь 45  | 240   | 15    | 20    | 65    | 130   | 30    | 80    | 5     | 10    | M8    | 14    | 10    | 8H9   | 18H8  | 55    |
| 19      | Сталь 20  | 180   | 20    | 20    | 50    | 100   | 30    | 140   | 5     | 8     | M6    | 12    | 8     | 8     | 14H9  | 50    |
| 20      | АД        | 250   | 30    | 30    | 75    | 150   | 40    | 190   | 4     | 6     | M8    | 10    | 6     | 8H7   | 16    | 65    |



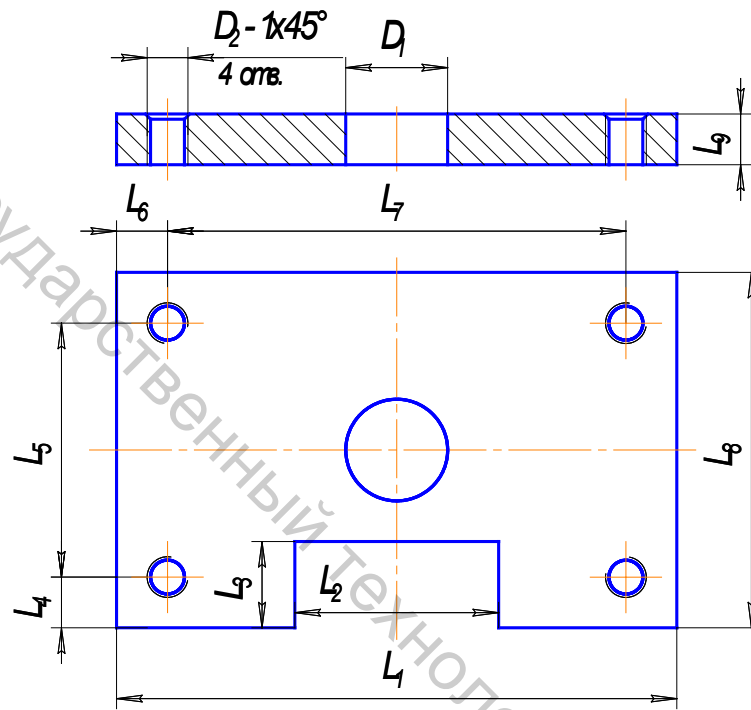
23



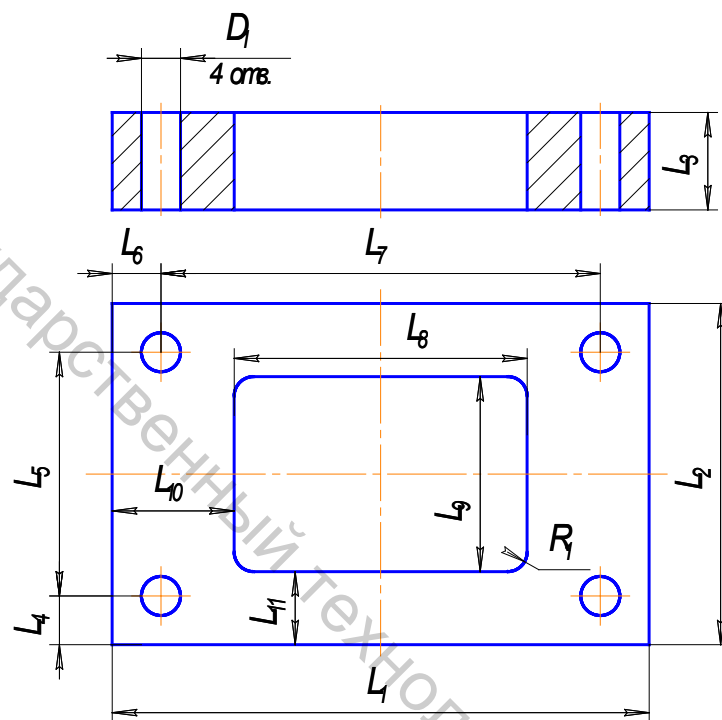
| Вариант | Материал   | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ | $L_{10}$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ |
|---------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| 26      | Ст 3 пс    | 150   | 75    | 10    | 10    | 130   | 50    | 30    | 50    | 20    | 50       | 10    | 30H7  | M10   |
| 27      | Сталь 40X  | 200   | 120   | 20    | 20    | 160   | 40    | 110   | 150   | 10    | 100      | 8     | 20H9  | M8    |
| 28      | Латунь Л63 | 220   | 100   | 15    | 15    | 190   | 45    | 70    | 100   | 15    | 80       | 10H9  | 16H8  | M12   |
| 29      | Сталь 20   | 100   | 50    | 16    | 16    | 686   | 30    | 48    | 80    | 8     | 40       | 8H7   | 22    | M8    |
| 30      | Сталь 45   | 180   | 90    | 15    | 15    | 150   | 40    | 90    | 120   | 6     | 70       | 12    | 18H7  | M6    |



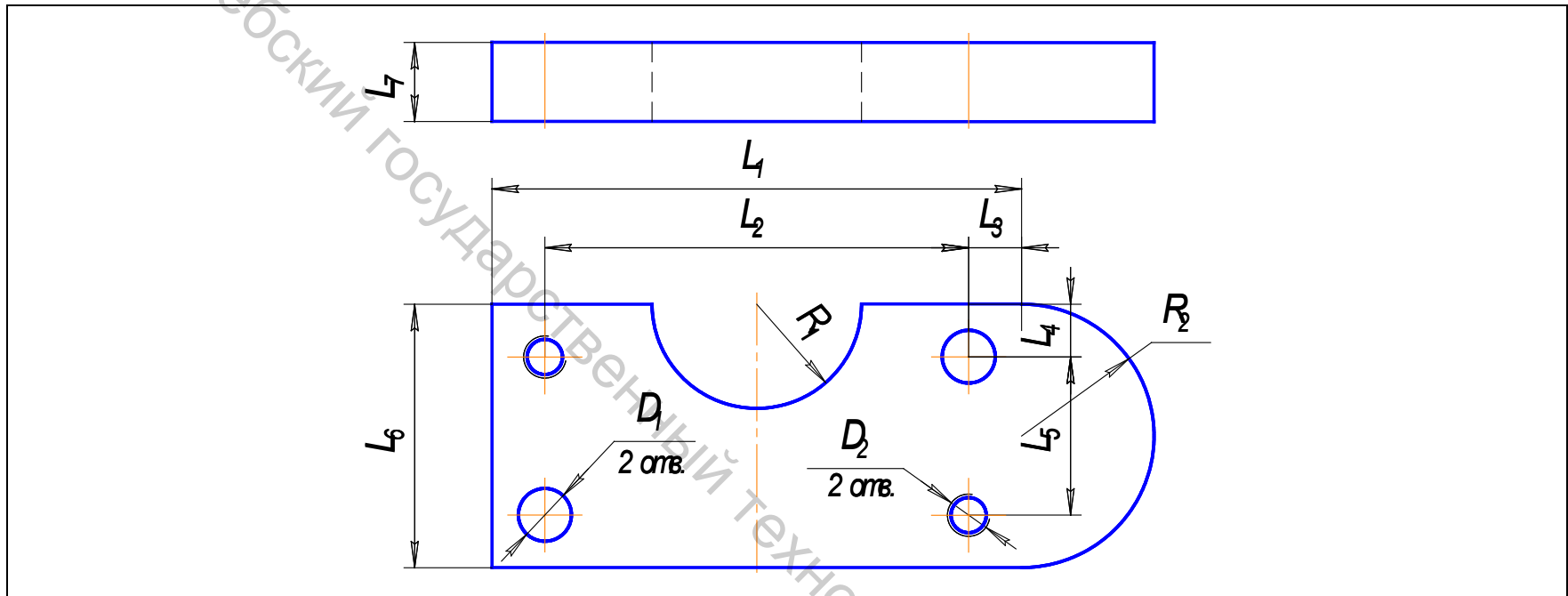
| Вариант | Материал  | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $D_1$ | $R_1$ |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 31      | Ст 3 пс   | 100   | 80    | 10    | 10    | 30    | 60    | 15    | 5     | 10    | 100   |
| 32      | Сталь 20  | 120   | 90    | 15    | 15    | 20    | 80    | 20    | 8     | 8H9   | 180   |
| 33      | АД        | 200   | 140   | 20    | 25    | 25    | 120   | 10    | 4     | 10H7  | 240   |
| 34      | Сталь 40Х | 220   | 130   | 25    | 20    | 30    | 100   | 15    | 6     | 12H10 | 220   |
| 35      | Сталь 45  | 240   | 150   | 30    | 30    | 40    | 150   | 8     | 3     | 10H9  | 300   |



| Вариант | Материал  | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ | $D_1$ | $D_2$ |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 36      | Сталь 40Х | 110   | 40    | 18    | 10    | 50    | 10    | 90    | 70    | 10    | 20Н8  | М8    |
| 37      | Сталь 30  | 150   | 50    | 20    | 15    | 120   | 15    | 70    | 100   | 16    | 16Н10 | М10   |
| 38      | Ст 3 пс   | 200   | 30    | 15    | 20    | 160   | 20    | 140   | 180   | 8     | 14Н7  | М8    |
| 39      | АД        | 250   | 60    | 30    | 25    | 200   | 25    | 70    | 120   | 6     | 22    | М12   |
| 40      | Сталь 45  | 220   | 80    | 40    | 16    | 88    | 16    | 118   | 150   | 20    | 18Н9  | М14   |



| Вариант | Материал  | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ | $L_{10}$ | $L_{11}$ | $D_1$     | $R_1$ |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|-----------|-------|
| 41      | Сталь 30  | 110   | 70    | 20    | 10    | 50    | 10    | 90    | 60    | 40    | 25       | 15       | 8H9       | 4     |
| 42      | Сталь 20  | 200   | 220   | 20    | 20    | 160   | 20    | 160   | 160   | 160   | 15       | 15       | 12H1<br>0 | 9     |
| 43      | Сталь 20Х | 150   | 100   | 10    | 15    | 70    | 15    | 120   | 100   | 40    | 25       | 30       | 8H10      | 10    |
| 44      | АД        | 180   | 120   | 8     | 10    | 100   | 10    | 160   | 120   | 80    | 20       | 20       | 10H9      | 8     |
| 45      | Ст 3 пс   | 100   | 90    | 12    | 6     | 78    | 6     | 88    | 8     | 50    | 35       | 25       | 8H7       | 6     |



| Вариант | Материал  | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $D_1$ | $D_2$ | $R_1$ | $R_2$ |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 46      | Сталь 45  | 150   | 120   | 15    | 15    | 70    | 100   | 10    | 8H7   | M8    | 20    | 50    |
| 47      | АД        | 180   | 140   | 20    | 10    | 60    | 80    | 14    | 9H10  | M10   | 10    | 40    |
| 48      | Ст 3 пс   | 200   | 160   | 20    | 20    | 100   | 140   | 8     | 8H7   | M6    | 17,5  | 70    |
| 49      | Сталь 20Х | 100   | 130   | 15    | 10    | 70    | 90    | 6     | 10H12 | M10   | 15    | 45    |
| 50      | Сталь 20  | 120   | 100   | 10    | 14    | 63    | 100   | 10    | 9H8   | M8    | 19    | 50    |

**Приложение А**  
**ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

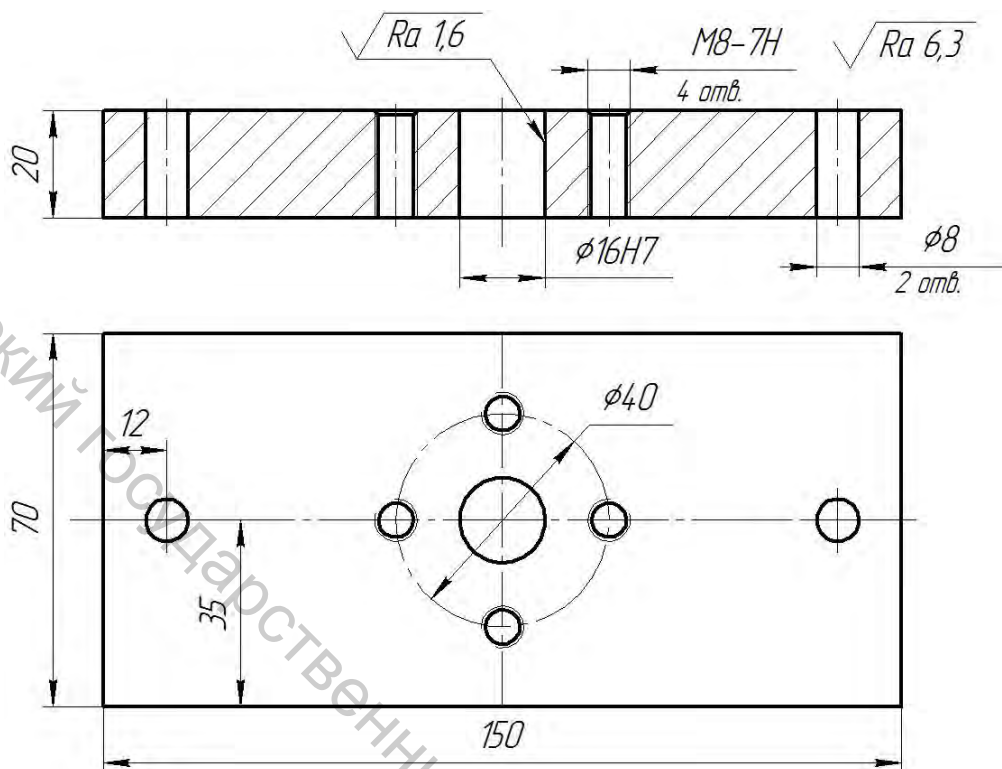


Рисунок А.1 – Деталь

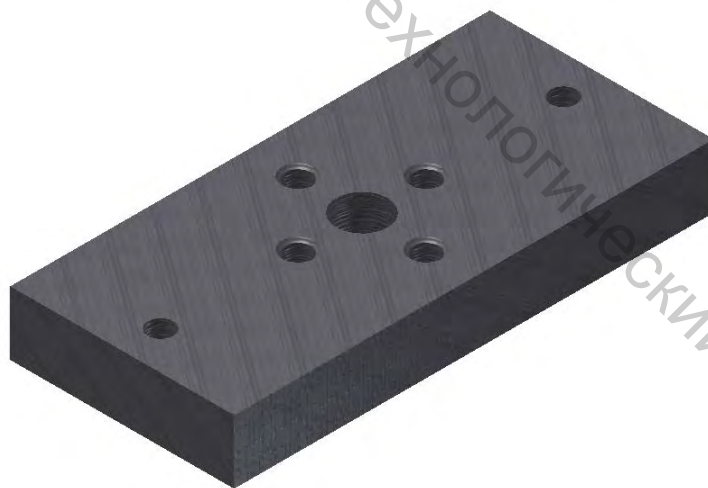


Рисунок А.2 – 3D-модель детали

Последовательность обработки:

- 1) центрование всех отверстий;
- 2) сверление отверстий  $\Phi 8$  мм;
- 3) сверление, зенкерование и развертывание отверстия  $\Phi 16H7$  мм;
- 4) сверление и нарезание резьбы отверстий  $M8-7H$ .

В качестве режущего инструмента применяем:

- 1) сверло центровочное  $\Phi 3,15$  мм по ГОСТ 14952-75;

2) сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком  $\Phi 8$  мм по ГОСТ 10902-77;

3) сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком  $\Phi 7$  мм по ГОСТ 10902-77;

4) сверло спиральное с коническим хвостовиком  $\Phi 14,5$  мм по ГОСТ 10903-77;

5) зенкер  $\Phi 15,9$  мм по ГОСТ 21581-76;

6) развертка  $\Phi 16H7$  мм по ГОСТ 19268-73;

7) метчик машинный М8-7Н по ГОСТ 3266-81.

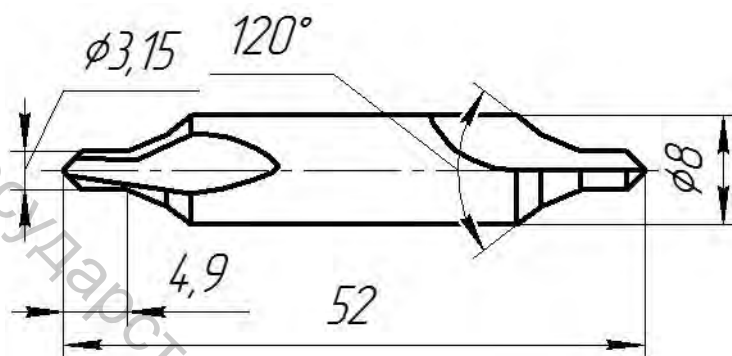


Рисунок А.3 – Сверло центровочное  $\Phi 3,15$  мм по ГОСТ 14952

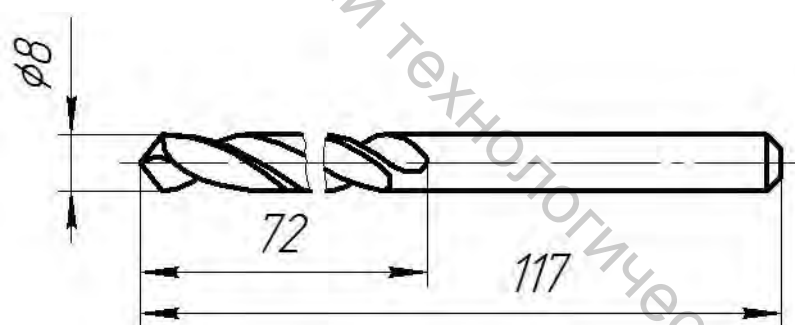


Рисунок А.4 – Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 10902-77

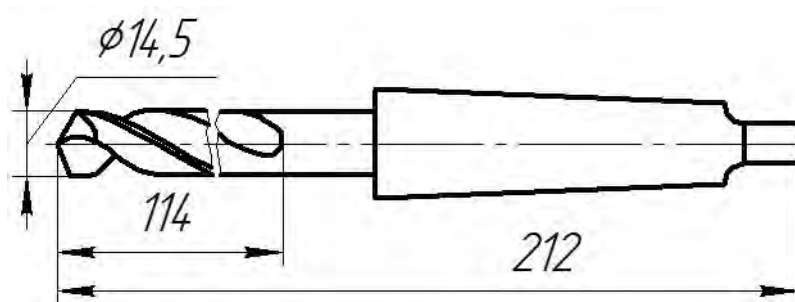


Рисунок А.5 – Сверло спиральное с коническим хвостовиком по ГОСТ 10903-77

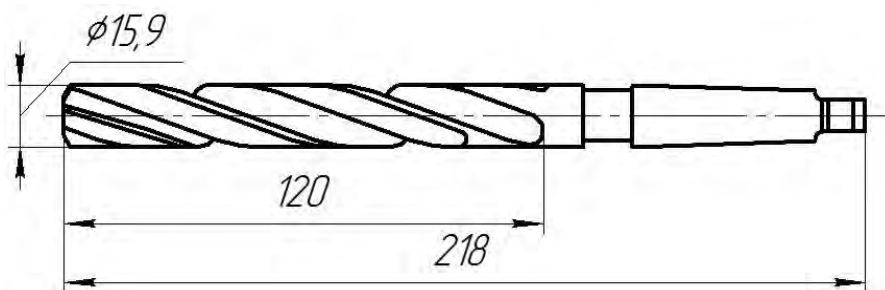


Рисунок А.6 – Зенкер  $\Phi 15,9$  мм по ГОСТ 21581-76

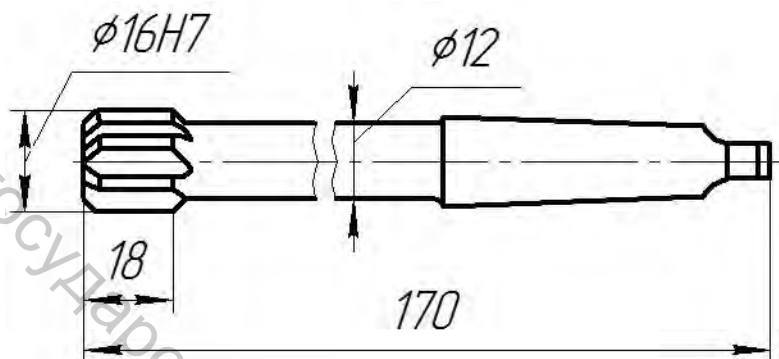


Рисунок А.7 – Развертка  $\Phi 16H7$  мм по ГОСТ 19268-73

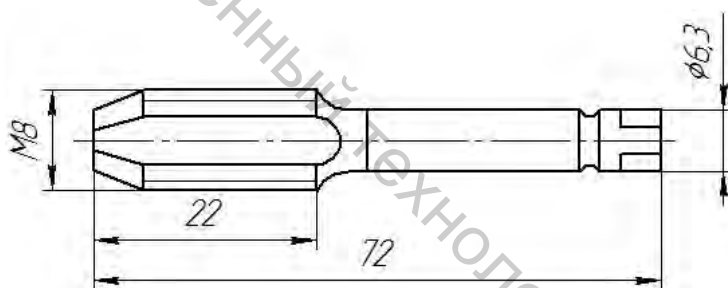


Рисунок А.8 – Метчик машинный по ГОСТ 3266-81

В качестве вспомогательного инструмента применяем:

- цанговые патроны по ТУ РБ 00223728.015-93;
- втулки переходные по ТУ РБ 0023728.020-94;
- патрон для метчика предохранительный по ГОСТ 8255-75.

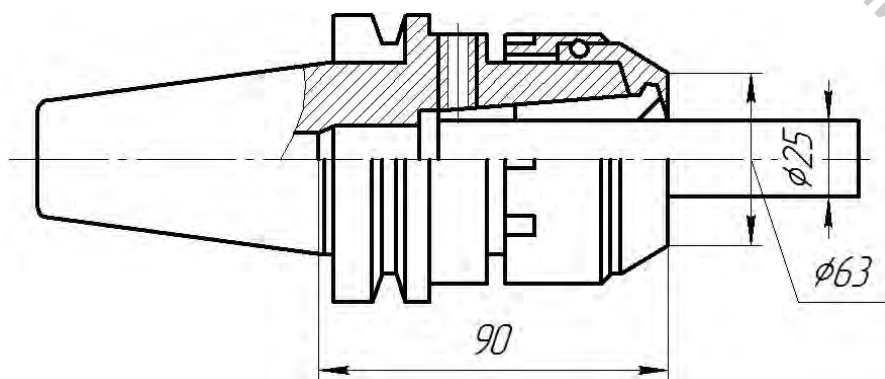


Рисунок А.9 – Цанговый патрон по ТУ РБ 00223728.015-93

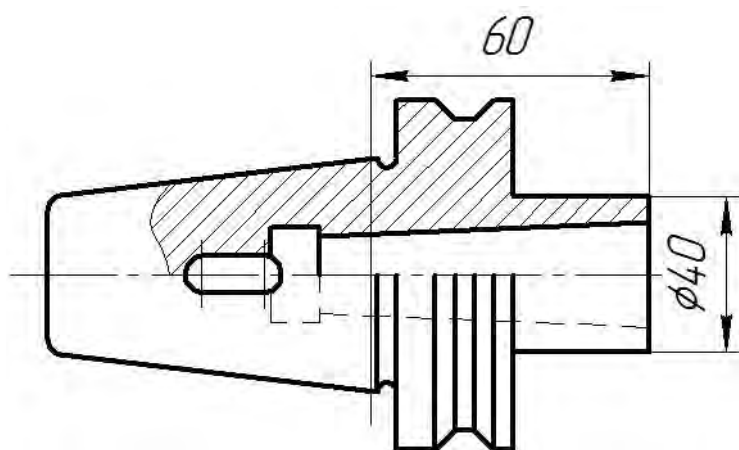


Рисунок А.10 – Втулка переходная по ТУ РБ 0023728.020-94

В качестве измерительного инструмента применяем штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 по ГОСТ 166-80, калибры-пробки гладкие по ГОСТ 24851-81 и резьбовой по ГОСТ 24939.

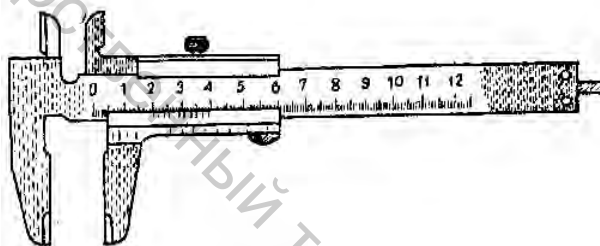


Рисунок А.11 – Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 по ГОСТ 166-80

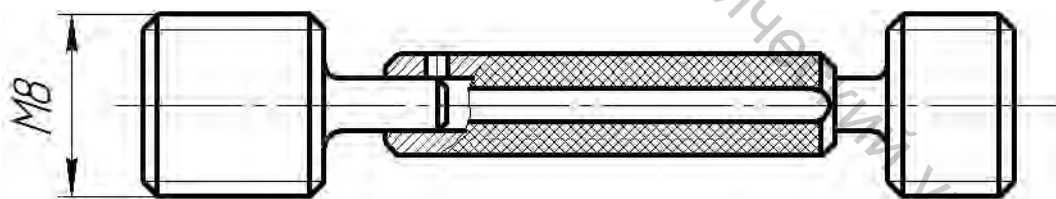


Рисунок А.12 – Калибр-пробка резьбовой по ГОСТ 24939

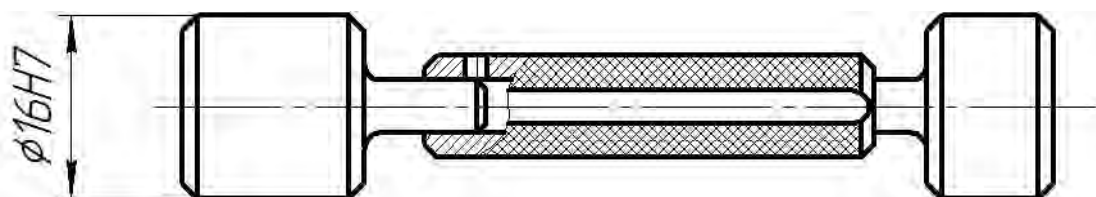


Рисунок А.13 – Калибр-пробка гладкий по ГОСТ 24851-81

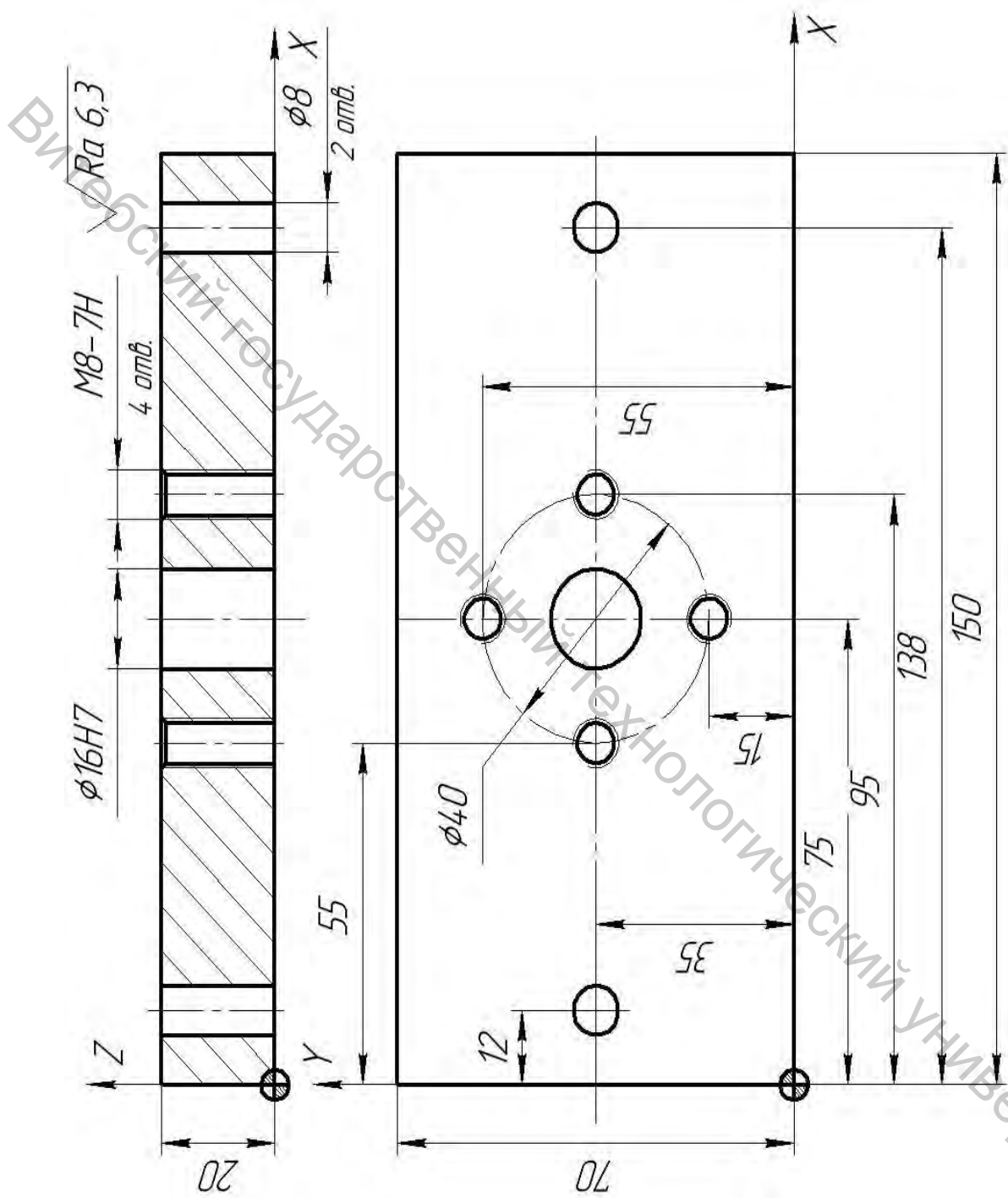


Рисунок А.14 – Эскиз детали для расчета координат опорных точек

Таблица А.1 – Координаты опорных точек

| № точки | X, мм | Y, мм |
|---------|-------|-------|
| 0       | 0     | 0     |
| 1       | 12    | 35    |
| 2       | 138   | 35    |
| 3       | 75    | 35    |
| 4       | 55    | 35    |
| 5       | 75    | 55    |
| 6       | 95    | 35    |
| 7       | 75    | 15    |

Текст управляющей программы:

```

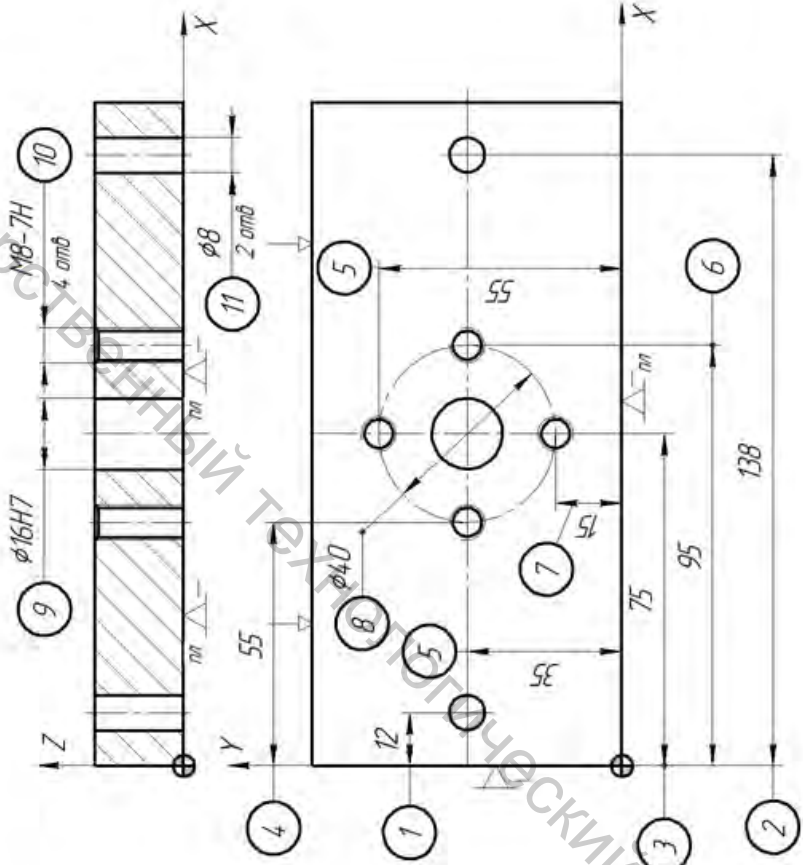
%
:O00001;
N10T01M06;
N20G90G00G54X12Y35;
N30S1000M03M08;
N40G43H01Z30;
N50G98G81Z17R25F250;
N60X138Y35;
N70X75;
N80X55;
N90X75Y55;
N100X95Y35;
N110X75Y15;
N120G00G80Z50M09;
N130G91G28Z0;
N140T02M06;
N150G90G00G54X12Y35;
N160S800M03M08;
N170G43H02Z30;
N180G98G81Z-5R25F200;
N190X138Y35;
N200G00G80Z50M09;
N210G91G28Z0;
N220T03M06;
N230G90G00G54X55Y35;
N240S800M03M08;
N250G43H03Z30;
N260G98G81Z-4R25F200;
N270X75Y55;
N280X95Y35;
    
```

N290X75Y15;  
N300G00G80Z50M09;  
N310G91G28Z0;  
N320T04M06;  
N330G90G00G54X75Y35;  
N340S600M03M08;  
N350G43H04Z30;  
N360G98G81Z-8R25F100;  
N380G00G80Z50M09;  
N390G91G28Z0;  
N400T05M06;  
N410G90G00G54X75Y35;  
N420S650M03M08;  
N430G43H05Z30;  
N440G98G81Z-4R25F180;  
N450G00G80Z50M09;  
N460G91G28Z0;  
N470T06M06;  
N480G90G00G54X75Y35;  
N490S450M03M08;  
N500G43H06Z30;  
N510G98G86Z-4R25F140;  
N520G00G80Z50M09;  
N530G91G28Z0;  
N540T07M06;  
N550G90G00G54X55Y35;  
N560S100M03M08;  
N570G43H07Z30;  
N580G98G84Z-4R25F100;  
N590X75Y55;  
N600X95Y35;  
N610X75Y15;  
N620G00G80Z50M09;  
N630G91G28Z0;  
N670M30;  
%



|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Побл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|           |              |           |  |  |  |
|-----------|--------------|-----------|--|--|--|
| Разраб.   | Мельнич В.И. | ВН.10.201 |  |  |  |
| Утверд.   | Мельнич В.И. | 50 «ВГТУ» |  |  |  |
| Нормир.   |              | Пластина  |  |  |  |
| М. экзп.  |              |           |  |  |  |
| Н. контр. |              |           |  |  |  |



КЭ Карта эскизов

| У       | Опер.                                    | ПИ | Вспомогательный и режущий инструмент (код, наименование)                               | Обозначение программы, оборудования, устройства ЧПУ                         | Наладочные размеры | Каррект. разм. | НК       |
|---------|--|----|--|---|--------------------|----------------|----------|
| ДУБЛ    |  |    |  |   |                    |                |          |
| ВЗАМ.   |  |    |  |   |                    |                |          |
| ПОДЛ    |  |    |  |   |                    |                |          |
| РАЗРАБ. | Иванов ИИ                                |    |  |   |                    |                | 1 1      |
| ПРОВ.   | Петров ПП                                |    |  | УО «ВГТУ»   |                    |                | ВГНО.201 |
| УТВ.    |  |    |  |   |                    |                | Пластина |
| НКОНТР. |  |    |  |   |                    |                | 010      |
| У       | Опер.                                    | ПИ | Вспомогательный и режущий инструмент (код, наименование)                               | Обозначение программы, оборудования, устройства ЧПУ                         | Наладочные размеры | Каррект. разм. | НК       |
| У01     | 010                                      |    |  | <b>УП №-00001, Оборудование: ГФ2171С5-Ф4, Устройство ЧПУ Mitsubishi E68</b> |                    |                |          |
| T02     |  | 1  | Сверло центробачное 2317-0106 ГОСТ 14-952-75; цанговый патрон<br>ТУ РБ 00223728.015-93 |   |                    |                | 01       |
| 03      |  | 2  | Сверло 2300-2452 ГОСТ 10902-77; цанговый патрон ТУ РБ 00223728.015-93                  |   |                    |                | 02       |
| 04      |  | 3  | Сверло 2300-2443 ГОСТ 10902-77; цанговый патрон ТУ РБ 00223728.015-93                  |   |                    |                | 03       |
| 06      |  | 4  | Сверло 2301-3599 ГОСТ 10903-77; втулка переходная ТУ РБ 0023728.020-94                 |   |                    |                | 04       |
| 07      |  | 5  | Зенкер 2320-0227 ГОСТ 21581-76; втулка переходная ТУ РБ 0023728.020-94                 |   |                    |                | 05       |
| 08      |  | 6  | Развертка 2363-2299 ГОСТ 19268-73; втулка переходная<br>ТУ РБ 0023728.020-94           |   |                    |                | 06       |
| 09      |  | 7  | Метчик 2621-1217 ГОСТ 3266-81; патрон МЗ-М10 Тг 28x2 ГОСТ 8255-75                      |   |                    |                | 07       |
| 10      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 11      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 12      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 13      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 14      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 15      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 16      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 17      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 18      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 19      |  |    |  |   |                    |                |          |
| 20      |  |    |  |   |                    |                |          |
| КН/П    | ДЛЯ НАЛАДКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ЧПУ |    |  |   |                    |                |          |

**Приложение Б**  
**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЕТА**

---

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

Кафедра «Технология и оборудование машиностроительного  
производства»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе

«Проектирование операций обработки на фрезерных станках с ЧПУ»

по дисциплине «Технология обработки на станках с ЧПУ»

Студент  
группа

\_\_\_\_\_

*Подпись*

\_\_\_\_\_

*И.О.Фамилия*

Преподаватель

\_\_\_\_\_

*Подпись*

\_\_\_\_\_

*И.О.Фамилия*

Витебск  
2018

---

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ.  
ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ С ЧПУ.  
ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С  
ЧПУ.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ НА ФРЕЗЕРНЫХ  
СТАНКАХ С ЧПУ**

Методические указания по выполнению  
лабораторных и практических работ

Составители:

Латушкин Дмитрий Григорьевич  
Климентьев Андрей Леонидович

Редактор *Н.В. Медведева*

Корректор *Т.А. Осипова*

Компьютерная верстка *А.Л. Климентьев*

Подписано к печати 12.04.2018. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. листов 2,4.  
Уч.-изд. листов 2,9. Тираж 40 экз. Заказ № 114.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»  
210038, г. Витебск, Московский пр., 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.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.