Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

# СВЕРЛИЛЬНЫЙ СТАНОК И ОБРАБОТКА СВЕРЛЕНИЕМ

Методические указания
к выполнению практических работ
по курсам «Технология конструкционных материалов»
и «Технологические процессы в машиностроении
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очная и заочная формы обучения

Энгельс 2026

***Цель работы:*** изучить устройство, кинематику вертикально–сверлильного станка 2А135, методику расчета рационального сверления и выполнить опытное сверление (зенкерование, развертку) заготовки по данным расчетам.

**Оборудование**. Станок 2А135 Стерлитамакского станкостроительного завода им. В.И. Ленина, набор спиральных сверл, зенкеров, набор заготовок толщиной от 10 до 90 мм (сталь, чугун и другие материалы), сверлильный патрон, справочные таблицы (логарифмов).

## СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Изучить устройство и кинематическую схему станка 2А135.
2. Ознакомиться с методикой расчета параметров оптимального режима обработки сверлением (подачи, числа оборотов и т.п.)
3. Выполнить расчёт параметров по индивидуальному численному заданию преподавателя.
4. По данным расчета одного из студентов лаборант демонстрирует настройку, наладку и работу станка.
5. Составить отчет по работе.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Вертикально-сверлильный станок модели 2А135 применяется для сверления, рассверливания и развертывания отверстий, зенкерования, нарезания резьбы метчиками. Станок широко применяется в условиях мелкосерийного и индивидуального производства, в ремонтных и инструментальных цехах.

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНКА

| | |
|---|---|
| Наибольший диаметр d, мм | 35 |
| Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм | 750 |
| Наибольший ход шпинделя, мм | 225 |
| Наибольший вылет шпинделя, мм | 300 |
| Размеры рабочей поверхности стола, мм | 555х450 |
| Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм | 325 |
| Число скоростей шпинделя | 9 |
| Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту, $n_ш$ | 68 - 100 |
| Число подач шпинделя, $z_в$ | 11 |
| Пределы величины подач $S_о$, мм/об | 0,15 – 1,6 |
| Мощность электродвигателя N, кВт | 4,5 |

## УСТРОЙСТВО СТАНКА

На основании - плите 1 (рис. 1) - установлена станина (колонна) 2 с направляющими 2а, по которым посредством рукоятки 3 перемещается стол 4 и кронштейн 5 с коробкой подач (КП) 8. Перемещение стола и кронштейна производится при установке обрабатываемой заготовки в соответствии с ее размерами. На верхней части станины установлены коробки скоростей (КС) 6 и электродвигатель станка 7.

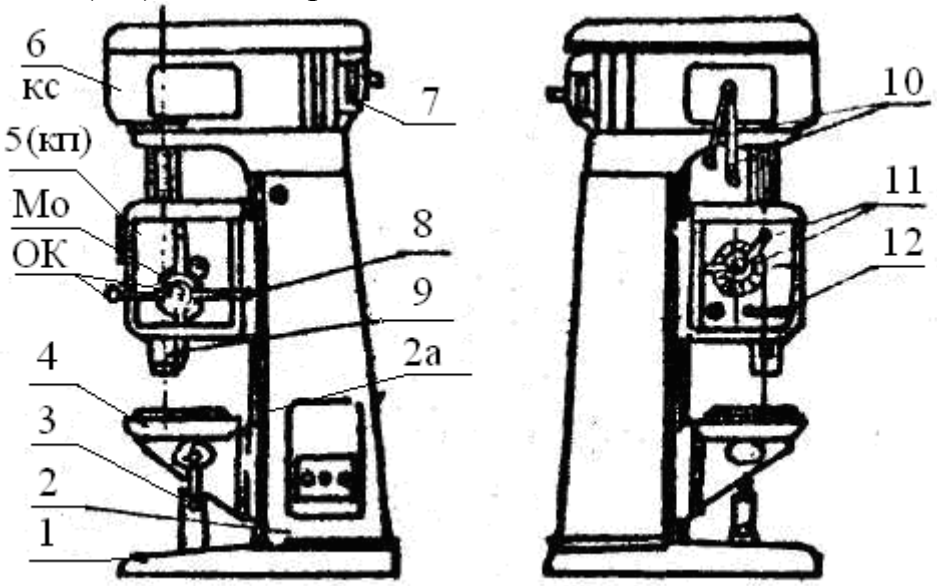
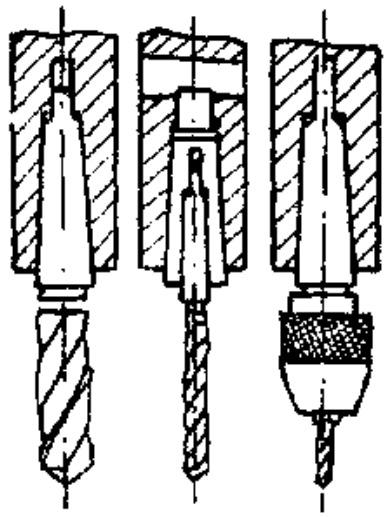



Рис. 1

Управление станком производится при помощи рукояток 10, 11, 12 и штурвала 8. Рукоятками устанавливается выбранное число оборотов шпинделя 9, рукоятками 11 – нужная величина подачи $S_o$. Рукоятками 12 изменяется направление вращения шпинделя 9 с закрепленным в нем инструментом. Шпиндель 9 получает вращательное движение от выходного вала коробки скоростей 6 станка.

Верхняя часть шпинделя выполнена шлицевой, что обеспечивает возможность осевого перемещения шпинделя с инструментом с передачей ему вращательного усилия от выходного вала коробки скоростей станка. В средней части шпинделя на подшипниках качения (для свободного взаимного вращения) установлена трубчатая гильза с продольной зубчатой рейкой, нарезанной на внешней части тела гильзы. Эта гильза в осевом направлении жестко закреплена на теле шпинделя Ш. Рейка гильзы шпинделя находится в постоянном зацеплении с реечным колесом привода коробки подач (КП) и передает осевую подачу от КП шпинделю с инструментом при выполнении рабочих операций. Для облегчения осевых перемещении узла шпинделя последний уравновешивается грузом, помещенным во внутренней полости станины и соединенным с гильзой шпинделя втулочно-роликовой цепью.



а б в

Рис. 2

На рис. 2 показана установка режущих инструментов в крепёжном узле шпинделя станка (коническом гнезде):

Рис. 2а – установка спирального сверла с коническим хвостовиком;

Рис. 2б – установка сверла с коническим хвостовиком через промежуточный конус;

Рис. 2в – установка режущего инструмента (сверла или др.) с цилиндрическим хвостовиком при посредстве специального кулачкового патрона.

## КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА СТАНКА

Кинематическая схема передачи главного движения вращения (резания) шпинделя с инструментом представлена на рис. 3. Вращение от вала электродвигателя 7 (4,5 кВт, 1440 об. в мин. – ЭД) через клиноременную передачу КРП передается на вал I коробки скоростей КС 6. Посредством неподвижного блока шестерен (21, 34, 27) вращение передается на вал II с набором жестко закрепленных на ней шестерён 55, 48, 61, 34. Здесь и далее шестерни на валах станка обозначены числами зубьев на них. Постоянно зацепленные шестерни 34 (вал II) и 48 (вал III) передают вращение валу III с подвижным блоком шестерен 17, 65, 34. Перемещение подвижных блоков шестерен валов I - III осуществляется ручками управления 10 (см. рис. 1). От шестерен подвижного блока вала III вращение передается на выходной вал IV КС с набором жестко закрепленных шестерен 68, 34, 50.

Через внутренние шлицы вала IV КС вращение передается на шлицевой верхний конец шпинделя V (III) станка и соответственно конусу шпинделя 9 с инструментом.

Кинематическая связь цепи движения вращения шпинделя с инструментом ( движения резания ) выражается уравнением

$$n_ш = n_д \cdot i_{крп} \cdot i_{кс} \cdot \eta \text{ об/мин},$$

где $n_ш$ - число оборотов шпинделя, мин;

$n_д$ - число оборотов в минуту вала электродвигателя;

$i_{крп}$ - передаточное отношение КПР, равное отношению диаметров ведущего и ведомого валов (здесь $i_{крп}$ = 140 : 178 =0,786 );

$i_{кс}$ - передаточное отношение коробки скоростей, определяемое соотношением чисел зубьев кинематической цепи шестерен КС при данном их

зацеплении;

η - коэффициент проскальзывания ремня; η = 0,98.

Для станка 2А135 уравнение баланса кинематической цепи главного движения резания (вращение шпинделя с инструментом) будет:

$$n_{ш} = 1440 \cdot \frac{140}{178} \cdot 0.98 \left\{ \begin{matrix} \frac{34}{48} \\ \frac{27}{55} \\ \frac{21}{61} \end{matrix} \right\} \cdot \frac{34}{48} \cdot \left\{ \begin{matrix} \frac{65}{34} \\ \frac{35}{50} \\ \frac{17}{68} \end{matrix} \right\} \text{ об/мин.}$$

Отсюда видно, что шпиндель получает 9 различных чисел оборотов в минуту.

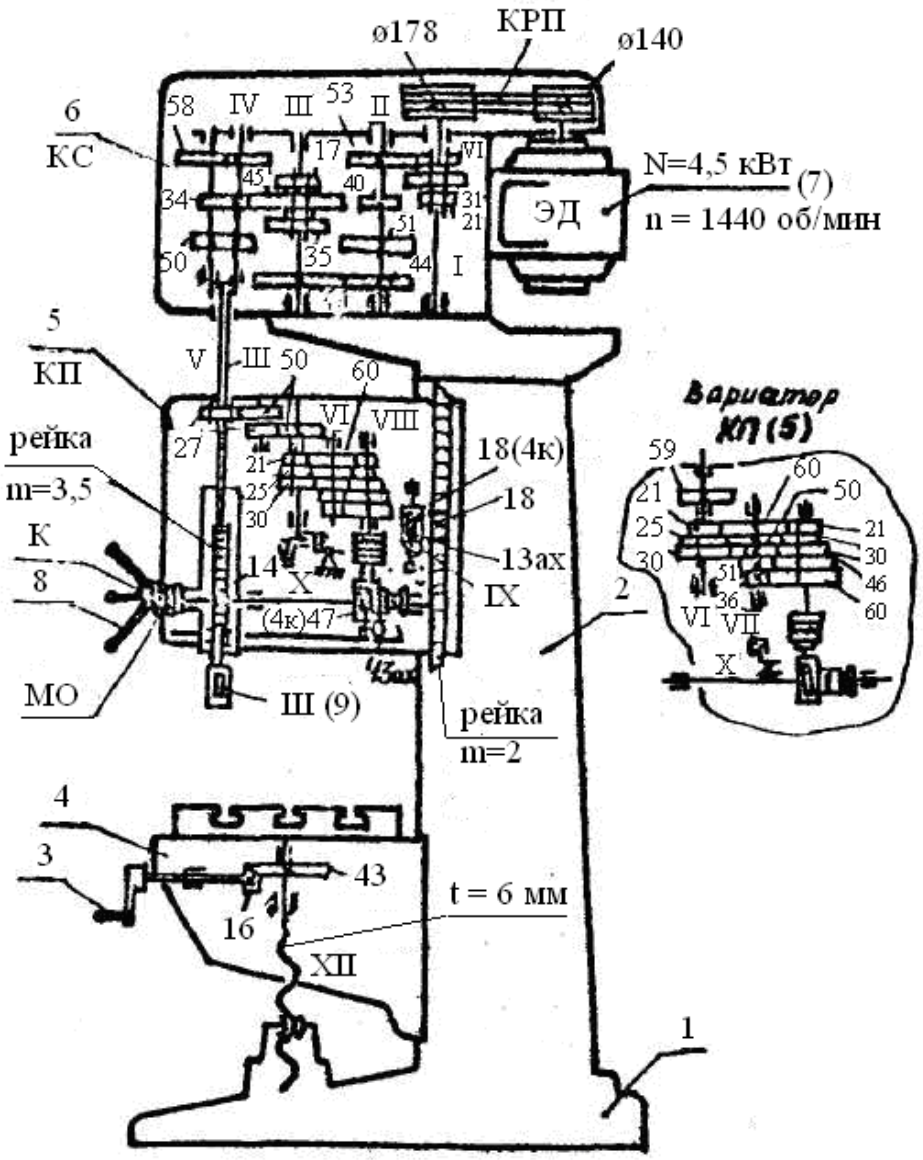



Рис. 3

**Механизм подач.** Механизм подач размещается в корпусе 5 коробки подач КП (рис. 1, 3) и включает систему валов VI (этот получает вращение от вала V шпинделя через блок шестерен 50, 27) VII, VIII с набором шестерен.

Кинематическая цепь подач в общём виде описывается уравнением:

$S_м = S_о \cdot n_ш$ мм/мин.

$S_о = \pi \cdot m_{pk} \cdot z_{pk} \cdot i_{кп}$ мин/об,

где $S_м$ – минутная подача, мм/мин;

$S_о$ – подача на 1 оборот шпинделя, мм/об;

$m_{pk}$ – модуль ручного колеса шпинделя, мм ($m_{pk}$=3,5 мм);

$z_{pk}$ – число зубъев реечного колеса шпинделя ($z_{pk}$=14);

$i_{кп}$ – передаточное отношение коробки подач КП.

Уравнение подач станка 2А135 в числах имеет вид:

$$S_м = n_ш \cdot \frac{27}{50} \cdot \frac{27}{50} \cdot \left\{ \begin{matrix} \frac{30}{51} \\ \frac{25}{56} \\ \frac{21}{60} \end{matrix} \right\} \cdot \left\{ \begin{matrix} \frac{60}{21} \\ \frac{51}{30} \\ \frac{35}{46} \\ \frac{21}{60} \end{matrix} \right\} \cdot \frac{1}{47} \cdot 3{,}14 \cdot 3{,}5 \cdot 14 \text{ мм/мин}$$

Механизм коробки подач КП в станке 2А135 практически обеспечивает из 12, а только 11 различных подач, так как передачи $\frac{30}{51} \cdot \frac{51}{30}$ и $\frac{21}{60} \cdot \frac{60}{21}$ дают одинаковое передаточное отношение, равное 1.

Приведенные выше уравнения позволяют вычислить число оборотов шпинделя (главного движения резания − вращения) и величину подачи (главного движении подачи - поступательного перемещения шпинделя - инструмента) для каждого из возможных вариантов кинематической цепи подач станка 2А135.

В станке 2А135 применяется механическая и ручная подачи инструмента.

Включение подачи инструмента на механический или ручной привод осуществляется механизмом включения подач, управляемым штурвалом (рукоятками) 8 (рис. 1, 3, 4). Для включения механической подачи рукоятку штурвала 8 КП резким движением поворачивают, оттягивая на себя вниз, и зубцы ступицы штурвала своими скосами перемещают муфту опережения (МО), сжимая внутреннюю пружину и обеспечивая оцепление с зубцами полумуфты червячного колеса. Таким образом, вращательное движение от вала IX КП передается через червяк (чер. 1 зах), червячное колесо (ЧК) - 47, полумуфту М со скользящей шпонкой, вал X к реечной

передаче гильзы шпинделя станка, сообщающей поступательное движение шпинделю с инструментом.

При повороте штурвала 8 в обратном направлении или торможении под действием внутренней пружины соединение полумуфт прекращается, механическая подача выключается. Перемещение муфты опережения влево возможно только за счет наличия люфта (зазора) в системе полумуфт; для получения такового следует колпачок К на штурвале выдвинуть на себя.

Для осуществления ручной подачи этот колпачок К следует переместить от себя, зазор в системе полумуфт будет выбран и механическая подача включиться не сможет. В этом случае подача осуществляется вручную посредством штурвала 8.

Для быстрого подвода инструмента (сверла или другого) к обрабатываемой заготовке при включенной механической подаче служит механизм опережения. Он позволяет опустить шпиндель поворотом штурвала вручную быстрее, чем он перемещается при механической подаче III через его шлицы, шестерню 27, паразитный блок 50-27 (для изменения направления вращения), наборы шестерен валов VI, VII, VIII КП кулачковую муфту передачи на червяк 1 зах. и далее.

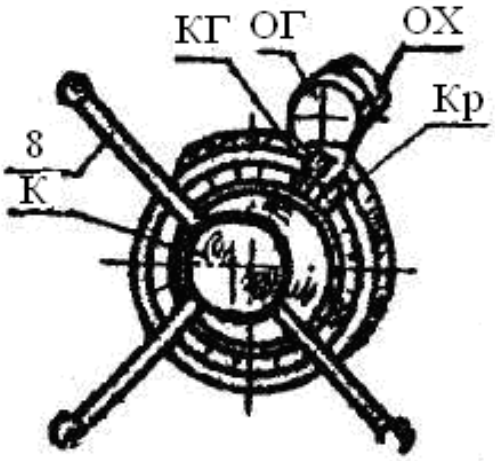



Рис. 4

Сверление отверстий на заданную глубину выполняется следующим образом. На внешнем кольцевом лимбе глубины сверления КГ устанавливают кулачок глубины сверления. Когда этот кулачок, поворачиваясь по лимбу, дойдет до упора верхнего неподвижного диска ограничителя глубины ОГ, вращение штурвала прекращается, зубцы червячного колеса ЧК и зубцы полумуфты М выйдут из зацепления - подача автоматически выключится.

Для автоматического реверсирования шпинделя при нарезании резьбы метчиком глубина нарезки устанавливается кулачком КР и лимбу. При достижении заданной нарезки кулачков КР производят переключение станка на обратный ход нажатием на ограничительный кулачок ОХ.

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОПТИМАЛЬНОГ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Пример. Рассчитать параметры оптимального режима (подачу, крутящий момент, осевое усилие, мощность электродвигателя и основное технологическое время) для сверления на станке 2А135 сверлом из быстрорежущей стали Р18 отверстия диаметром d=25 мм в листе из углеродистой стали толщиной l = 30 мм., предел прочности стали $\sigma_в = 60$ кгс/мм$^2$.

### Расчет

1. Оптимальную величину подачи $S_o$ вычисляем по формуле:

$S_o = c_s \cdot d^{0.6}$ мм/об,

где $C_s$, учитывающий механические свойства обрабатываемого материала, берётся из табл. 1.

Таблица 1

| Материал | Предел прочности $\sigma_в$ | Коэффициент $C_s$ |
|---|---|---|
| Сталь, $\sigma_в$ до | 60 кгс/мм$^2$ | 0,063 |
| Сталь, $\sigma_в$ до | 61–85 кгс/мм$^2$ | 0,047 |
| Чугун твёрдостью до | НВ 170 | 0,097 |
| Чугун твёрдостью свыше | НВ 170 | 0,068 |

Получим $S_o$=0.063·25$^{0.6}$=0.435 мм/об. Рабочая подача принимается равной расчётной или ближайшей меньшей по шкале лимба подач станка (принимаем $S_o$=0.43 мм/об).

2. Скорость резания вычисляем по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot d^{n_v}}{T^m \cdot S_o^{y_v}} = \frac{9.35 \cdot 25^{0.4}}{0.25^{0.2} \cdot 0.43^{0.5}} = 27.83 \text{ м/мин}$$

Значение коэффициента Cv , учитывающего свойства материала заготовки и инструмента, приведенное, стойкооти Т (мин) инструмента и показателей степеней m, $n_v$ и $y_v$ выбираем по табл. 2 и 3.

Таблица 2

| Инструмент из быстрорежущей стали Р9, Р18 | | | Твердосплав. инстр. (ВК8) | |
|---|---|---|---|---|
| Диаметр сверла, мм | Стойкость Т, мин | | Диаметр сверла, мм | Т, мм |
| | по стали | по чугуну | | |
| 2–5 | 6 | 12 | 10 | 20 |
| 6–14 | 10 | 18 | 12 | 24 |
| 15–19 | 12 | 24 | 16 | 32 |
| 20–24 | 18 | 30 | 20 | 40 |
| 25–29 | 25 | 36 | 26 | 52 |
| 30–34 | 30 | 42 | 30 | 60 |

Таблица 3

| Предел прочности $\sigma_в$, кгс/мм$^2$ матер. загот. | Инструмент быстрорежущей стали m=0.2 | | | | Твёрдость НВ материала кгс/мм$^2$ | Инструмент из твёрдого сплава (m=0.4) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $C_v$ | $C_v$ | $C_м$ | $C_p$ | | | | |
| | $d \leq 10$ | >10 | все d | все d | | $C_v$ | $C_м$ | $C_p$ |
| Сталь $\sigma_в$ | $n_v$=0.65 $y_v$=0.8 | $n_v$=0.4 $y_v$=0.5 | $x_m$=2.0 $y_v$=0.8 | $x_p$=1.0 $y_v$=0.7 | | $n_v$=0.65 $y_v$=0.5 | $x_m$=2.0 $y_v$=0.94 | $x_p$=0.9 $y_v$=0.8 |
| 41–50 | 3,18 | 7,76 | 23,0 | 55,6 | 151–160 | 56,9 | 29,5 | 148 |
| 51–60 | 3,86 | 9,35 | 27,2 | 65,4 | 161–170 | 52,5 | 30,6 | 154 |
| 61–70 | 3,36 | 8,17 | 30,4 | 73,5 | 171–180 | 48,5 | 31,7 | 160 |
| 71–80 | 3,00 | 7,26 | 33,3 | 82,5 | 181–190 | 46,2 | 32,7 | 165 |
| | | | | | 191–200 | 42,2 | 33,8 | 170 |

3. По найденной скорости резания V определяем число оборотов шпинделя:

$$n_ш = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 27.83}{3.14 \cdot 25} = 358 \text{ об/мин}$$

Принимаем для дальнейшего ближайшее по паспорту значение $n_ш$=400 об/мин. Если вычисленное значение $n_{ш\ max}$ шпинделя станка, то для последующих расчётов принимаем $n_ш = n_{ш\ max}$ станка.

4. Осевое усилие при сверлении вычисляем по формуле (числовые значения принимаем по условию задачи и по данным табл. 3)

$$P_o = C_p \cdot d^{x_p} \cdot S_o^{y_p} \text{ кгс} = 65.4 \cdot 25^{1.0} \cdot 0.43^{0.7} = 900 \text{ кгс}$$

5. Крутящий момент резания при сверлении равен:

$$M_к = C_м \cdot d^{x} \cdot S_o^{y_p} \text{ кгс} = 27.2 \cdot 25^{2.0} \cdot 0.43^{0.8} = 8500 \text{ кгсмм}$$

Если потребный $M_к$ превышает допустимый для данного станка (для станка 2А135 допустимый $M_{к\ доп}$ =4000 кгсм). то следует уменьшить подачу, пересчитав её величину обратным порядком по $M_{к\ доп}$.

6. Необходимую эффективную мощность электродвигателя станка вычислим по формуле (КПД кинематической цепи берем примерно $\eta_к = 0{,}75$).

$$N_д = \frac{M_к \cdot n_ш}{974000 \cdot \eta_к} = \frac{8500 \cdot 400}{974000 \cdot 0{,}75} = 4{,}67 \text{ кВт}$$

Полученное значение потребной мощности двигателя превышает паспортную мощность электродвигателя станка 2А135, что недопустимо. Изменим рабочее число оборотов шпинделя на ближайшее меньшее к расчетной величине 358 об/мин, то есть примем $n_ш$=275 об/мин.

Для справки приведены паспортные значения чисел оборотов шпинделя и величин подач станка 2А135:

$n_ш$=1100;750;500;400;275;195;140;100 и 68 об/мин.

$S_o$= 1,6;1,22;0,96;0,725;0,57;0,43;0,32;0,25;0,2;0,15;0,115 мм/об.

8. Основное технологическое время $T_o$ операции сверления вычислим по формуле:

$$T_o = \frac{l_o + l_в + l_п}{S_o \cdot n_ш} = \frac{30 + 12.5 \cdot ctg60° + 3 \cdot 0.43}{0.43 \cdot 275} = 0.32\,мин$$

Здесь, согласно рис. 5, принимают:

$l_o$ – глубина (длина) отверстия сверления, мм; у нас $l_o$=30 мм;

$l_в$ – путь врезания (при сверлении $l_в = \frac{\alpha}{2} ctg\varphi$), мм;

$l_п$ – перебег инструмента (при сверлении $l_п \geq 3S_o$), мм;

2φ – угол при вершине сверла (для сверления стали 2φ=120°).

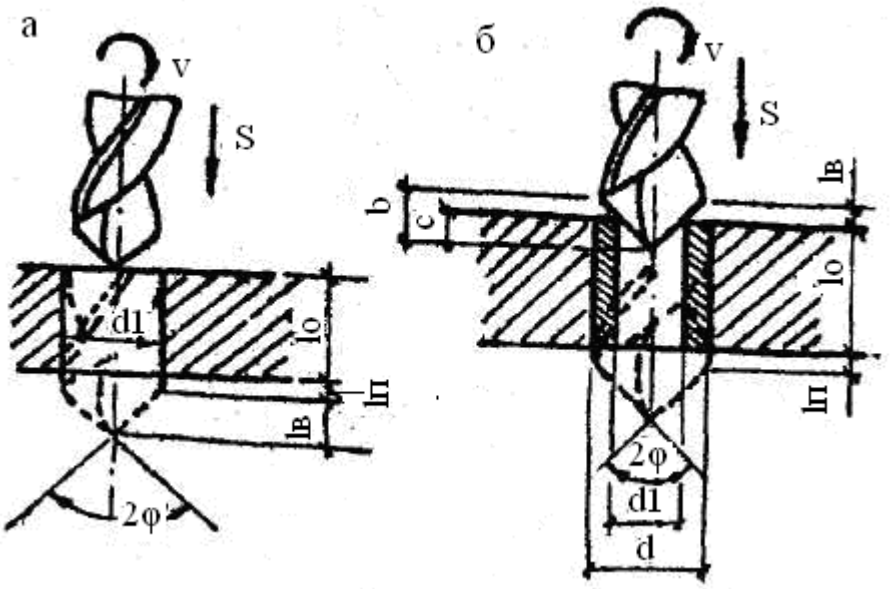



Рис. 5

Более подробно с теорией к расчетам процессов сверления металлов модно ознакомится в приведенной ниже литературе.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Нарисовать общую схему станка с органами управления.
2. Произвести расчет параметров сверления по заданию преподавателя.
3. По данным расчета под руководством лаборанта произвести настройку станка и выполнить операцию сверления образца.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Дальский А.М. Технология конструкционных материалов. / А.М. Дальский, Т.М. Барсуков, Л.Н. Бухаркин и др. − М.: Машиностроение, 2008 − 560 с.

2. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. − М.: Высшая школа, 2008. – 876 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. В.М. Кована. − М.: Машгиз, 1963. − 912 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой. − М.: Машиностроение, 1985. − 626 с.

СВЕРЛИЛЬНЫЙ СТАНОК И ОБРАБОТКА СВЕРЛЕНИЕМ

Методические указания
к выполнению практической работы

Составили: СТЕКОЛЬНИКОВ Максим Владимирович
КОНОПЛЯНКИН Сергей Владимирович

Рецензент
Редактор

Подписано в печать Формат 60*84 1/16
Бум. тип. Усл. - печ. л. Уч.-изд. л. 0,4
Тираж 100 экз. Заказ Бесплатно
Саратовский государственный технический университет
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Копи принтер СГТУ, 410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77