

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра металлообрабатывающих станков и комплексов

И.П. НИКИТИНА

**НАЛАДКА И НАСТРОЙКА
ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОГО
СТАНКА МОДЕЛИ 2Н125 НА ОБРАБОТКУ
ДЕТАЛИ**

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно – издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2005

ББК 34.63
Н 62
УДК 621.919.2 (07)

Рецензент
кандидат технических наук, профессор Ильичев Л.Л.

Никитина И.П.
Н 62 **Наладка и настройка вертикально-сверлильного станка
модели 2Н125 на обработку детали:
Методическое руководство к лабораторной работе. –
Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 52с.**

Методические указания рекомендуется использовать при выполнении лабораторных работ по дисциплинам: «металлорежущие станки» для специальностей 120200 и 120100; «оборудование отрасли» для специальности 030500; «механизмы металлообрабатывающего оборудования» 210200; «механизмы и оборудование отрасли» для специальности 060801 для студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения.

ББК 34.63
© Никитина И.П., 2005
© ГОУ ОГУ, 2005

Лабораторная работа № 3

Наладка и настройка вертикально-сверлильного станка модели 2Н125 на обработку детали

1 Описание лабораторной работы с кратким изложением теории

1.1 Задание, цель работы. Оборудование, приспособление, инструмент

1.1.1 Задание

Ознакомиться с устройством, управлением и кинематикой вертикально - сверлильного станка модели 2Н125.

Наладить и настроить станок модели 2Н125.

Составить [отчет](#) о проделанной работе.

1.1.2 Цель работы

Изучить основные части, назначение рукояток управления, устройство и работу основных механизмов станка.

Научиться практическим приемам наладки и настройки вертикально-сверлильного станка модели 2Н125.

Приобрести определенный навык в управлении станком и обработке деталей.

1.1.3 Оборудования, приспособления, инструмент и наглядные пособия

Вертикально-сверлильный станок модели 2Н125.

Прихваты, упоры, призмы, угольники, машинные тиски (обычные, универсальные), патроны (кулачковые и цанговые), кондукторы, поворотные стойки и т.д.

Переходные втулки, патроны.

Мерительный инструмент: штангенциркуль и др.

1.2 Вертикально-сверлильный станок модели 2Н125

Вертикально-сверлильный станок модели 2Н125 предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий в различных деталях, а также для подрезки торцов (цекования) и нарезания резьбы машинными и гаечными метчиками в условиях индивидуального и серийного производства. На станке модели 2Н125 обрабатываются детали сравнительно небольших размеров и веса.

Станок обладает высокой жесткостью, прочностью рабочих механизмов, мощность привода и широким диапазоном скоростей резания и подач, позволяющим использовать режущий инструмент, оснащенный твердым сплавом. Наличие электрореверса, управляемого как автоматически, так и вручную, обеспечивает возможность нарезания резьбы при ручном подводе и отводе метчика.

В конструкции вертикально-сверлильного станка модели 2Н125 предусмотрено автоматическое включение движения подачи после быстрого повода режущего инструмента к обрабатываемой детали и автоматическое выключение подачи при достижении заданной глубины сверления.

Заданная глубина сверления несквозных отверстий обеспечивается специальным механизмом. Этот механизм является одновременно предохранительным устройством, предохраняющим механизм подачи от поломок при перегрузках.

1.2.1 Основные части станка (рисунк 1)

1- привод; 2- коробка скоростей; 3- плунжерный масляный насос; 4- плунжерный масляный насос; 5- коробка подач; 6- колонна; 7- механизм управления скоростями и подачами; 8- электрошкаф; электрооборудование; 10- шпиндель; 11- система охлаждения; 12- сверлильная головка; 13- стол; 14- основание.

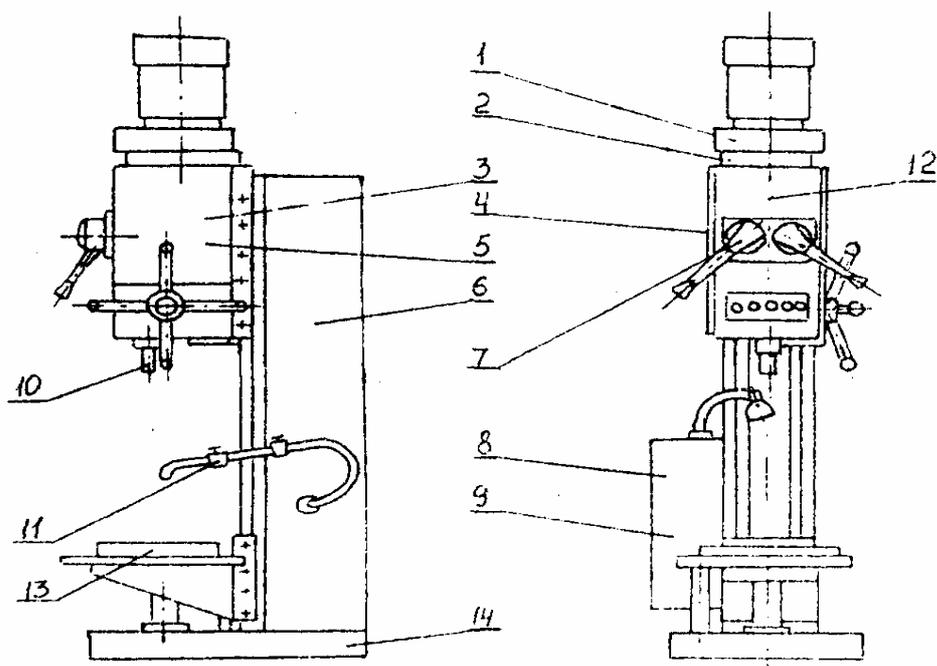
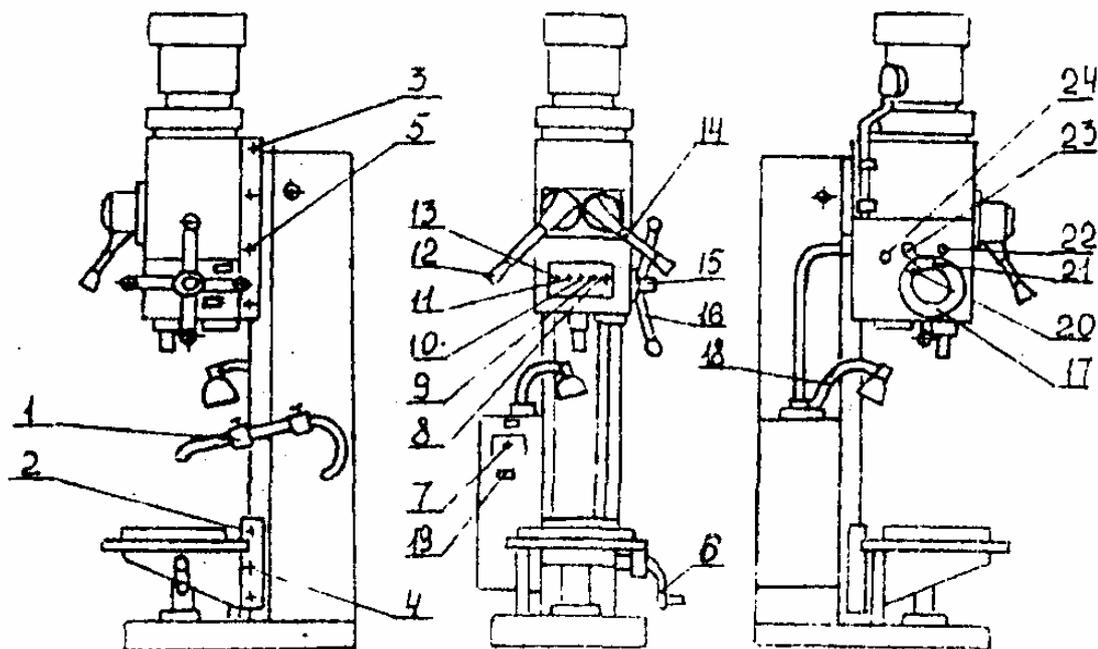


Рисунок 1 - Основные части станка

1.2.2 Органы управления станка (рисунк 2)

1- кран включения охлаждения; 2,3- болты для регулировки клина стола и сверлильной головки; 4,5- винты зажима стола и сверлильной головки; 6- рукоятка ручного перемещения стола; 7- вводной выключатель; 8- сигнальная лампа "Станок включен"; 9- кнопка включения правого вращения шпинделя; 10- кнопка включения левого вращения шпинделя; 11- кнопка включения качательного движения шпинделя при переключении скоростей и подач; 12- рукоятка для переключения скоростей шпинделя; 13- кнопка "Стоп"; 14- рукоятка для переключения подачи; 15- кнопка включения ручной подачи; 16- штурвал для подъема и опускания шпинделя; 17- лимб для отсчета глубины обработки; 18- выключатель освещения; 19- выключатель насоса охлаждения; 20- кулачок для настройки глубины обработки; 21- кулачок для настройки глубины нарезаемой резьбы; 22- рычаг автоматического реверсирования главного привода при достижении заданной глубины нарезаемой резьбы; 23- рычаг отключения механической подачи при достижении заданной глубины обработки; 24- квадрат для ручного подъема и опускания сверлильной головки.



Ри
су

нок 2 – Органы управления станка

1.2.3 Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр сверления, мм.....	25
Расстояние от оси шпинделя до лицевой стороны колонны, мм.....	250
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм.....	60-700
Наибольший ход шпинделя, мм.....	200
Перемещение шпинделя за один оборот штурвала, мм.....	212
Наибольшее установочное перемещение сверильной головки, мм....	170
Размеры рабочей поверхности стола, мм	
длина.....	500
ширина.....	400
Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм.....	270
Число скоростей вращения шпинделя.....	12
Пределы частот вращения шпинделя, мин	45-2000
Количество величин подач.....	9
Пределы величин подачи, мм/об.....	0,1-1,6
Мощность главного электродвигателя, кВт.....	2,2

1.2.4 Кинематика станка

Движение резания (главное движение) - вращение шпинделя с режущим инструментом. *Движение подачи* - осевое перемещение шпинделя с режущим инструментом. *Вспомогательные движения* - ручные перемещения стола и шпиндельной бабки в вертикальном направлении, и быстрое ручное перемещение шпинделя вдоль его оси. Кинематическая схема станка мод.2Н125 представлена на [рисунке 3](#).

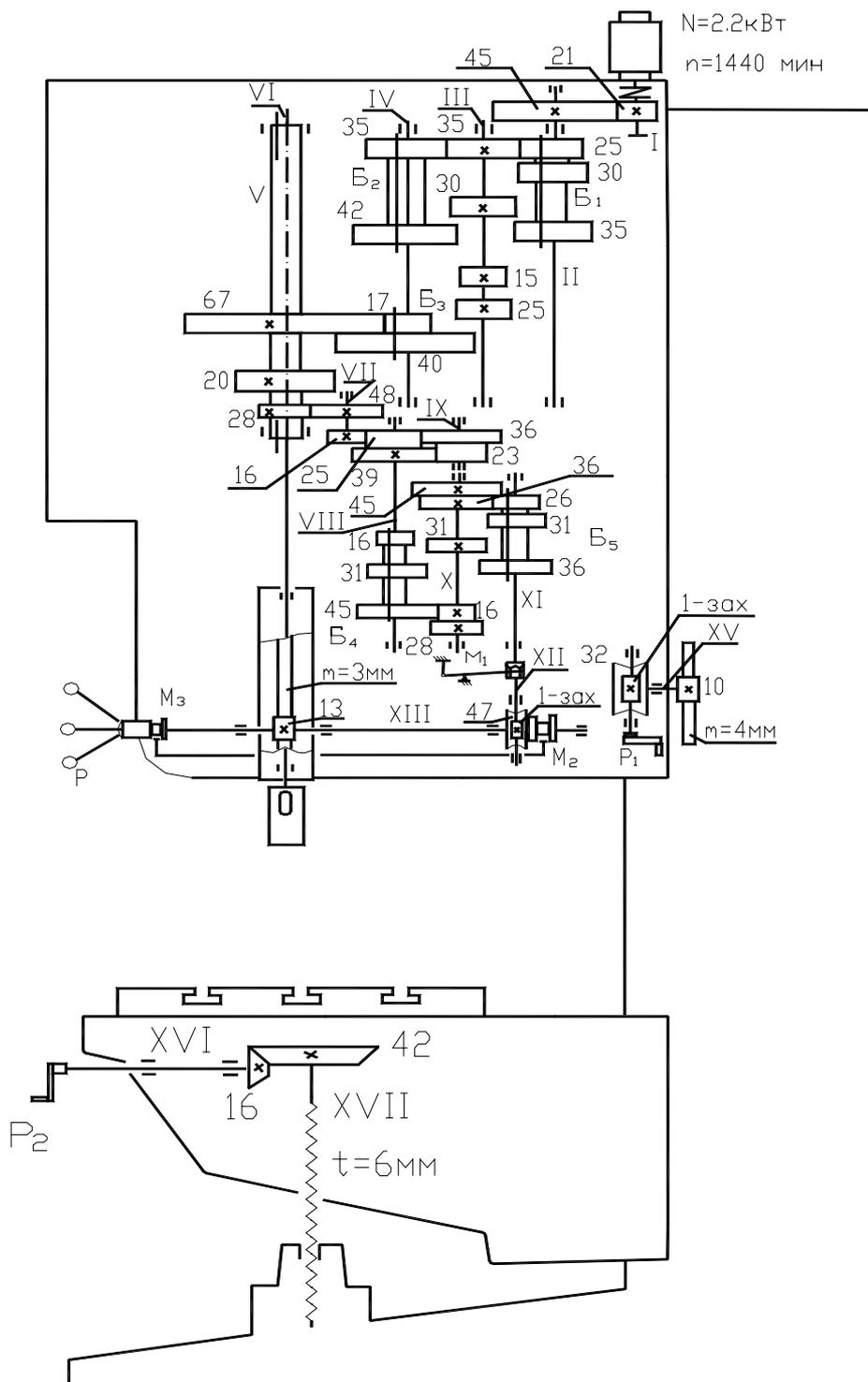


Рисунок 3 – Кинематическая схема станка

Движение резания. Шпиндель Y приводится в движение электродвигателем мощностью 2,2 кВт через зубчатую передачу и коробку скоростей. На валу II коробки скоростей находится тройной подвижной блок шестерен Б1, обеспечивающий валу III три скорости вращения, на котором закреплены шестерни 35, 30, 15, 25. Валы IV посредством двойного блока Б2 через зубчатые передачи 35:35 и 15:42 передается шесть скоростей вращения. От вала IV через двойной блок Б3 вращение передается валу V, на котором расположены зубчатые колеса $z = 67$ и $z = 20$, приводящие в движение полый вал Y, связанный шлицевым соединением со шпинделем YI. Следовательно шпиндель YI

имеет двенадцать скоростей вращения ($3 \times 2 \times 2 = 12$). Наибольшая частота вращения шпинделя с учетом упругого скольжения ремня определяется из выражения, n_{\max} , об/мин:

$$n_{\max} = 1440 \cdot \frac{21 \cdot 35 \cdot 35 \cdot 40}{45 \cdot 25 \cdot 35 \cdot 20} = 2000$$

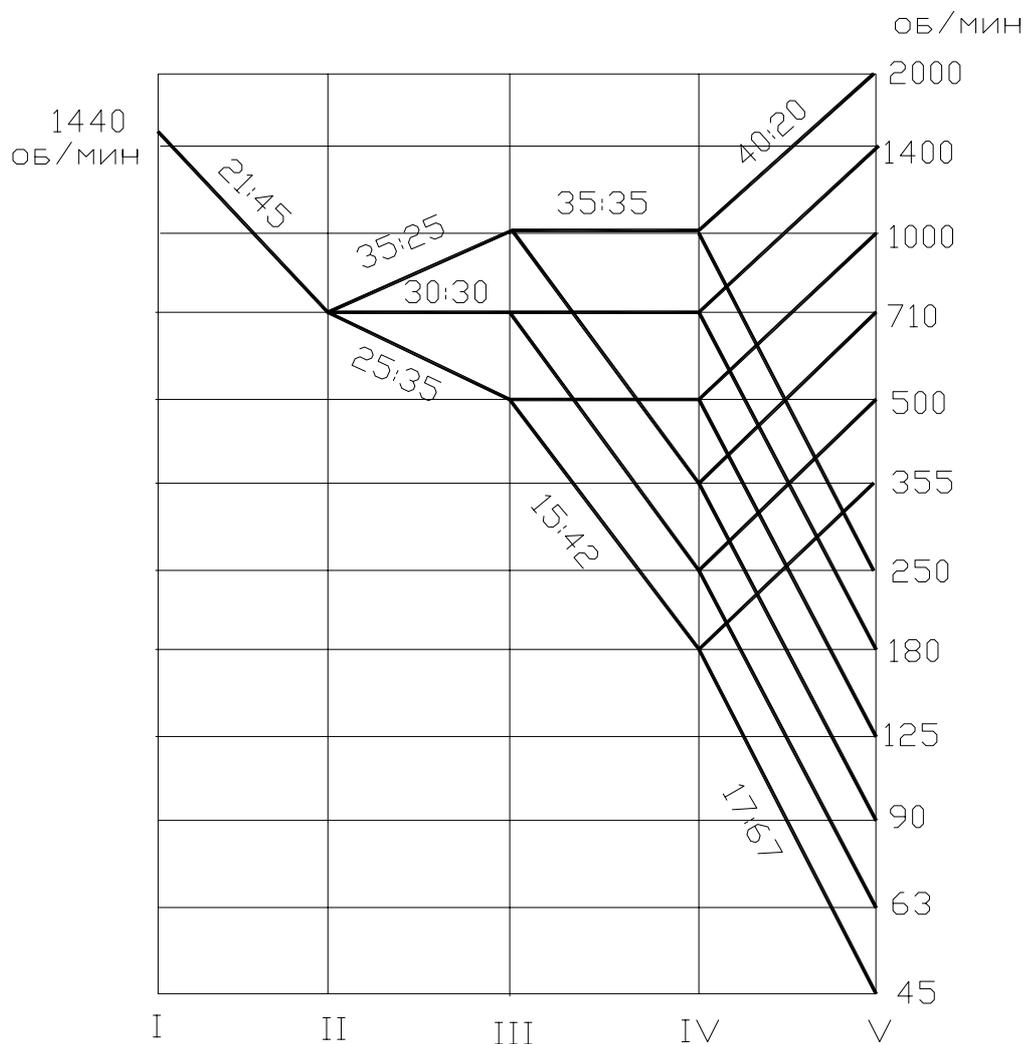


Рисунок 3.1 – Кинематическая схема

Движение подачи. Движение подачи заимствуется от шпинделя УІ. Движение передается через зубчатые передачи 28:48, 16:25, 25:36, 23:39 на вал УІІІ. От вала УІІІ три скорости вращения сообщаются валу Х, на котором жестко закреплены шестерни 45, 36, 31, 16 и 26. От вала Х три скорости вращения передаются валу ХІ. От вала ХІ через кулачковую муфту МІ движение сообщается валу ХІІ, на котором закреплен однозаходный червяк. Далее через червячную передачу 1:47 движение передается валу ХІІІ, на котором закреплена реечная шестерня 13, находящейся в зацеплении с рейкой $m = 3$ мм, нарезанной на гильзе шпинделя. Муфта МІ служит для предохранения механизма подачи от поломок при перегрузках, а также для автоматического выключения подачи при работе по упорам.

Коробка подач обеспечивает 9 скоростей вращения. Наибольшая величина подачи определяется из выражения, S_{\max} , мм/об:

$$S_{\max} = 1 \cdot \frac{28 \cdot 16 \cdot 25 \cdot 23 \cdot 45 \cdot 36 \cdot 1}{48 \cdot 25 \cdot 36 \cdot 39 \cdot 16 \cdot 26 \cdot 47} \cdot \pi \cdot 3 \cdot 13 = 1,6$$

Вертикальное перемещение сверлильной головки осуществляется от рукоятки Р1 через червячную передачу 1:32 и реечную шестерню 10, сцепляющуюся с рейкой $m = 4$ мм, закрепленной на станине.

Вертикальное перемещение стола достигается поворотом рукоятки Р2, через вал ХУІ, конические шестерни 16:42 и ходовой винт ХУІІ.

Быстрое ручное перемещение шпинделя с гильзой производится штурвалом, связанным специальным замком с валом Х. Замок позволяет штурвалу свободно поворачиваться на валу Х в пределах 20 град., а в дальнейшем связывает их в одно целое.

1.3 Устройство и работа отдельных механизмов станка

Механизм подачи является составной частью сверлильной головки, которая включает в себя все основные узлы станка: коробку скоростей, коробку подач, шпиндель, механизм подачи, механизм переключения скоростей и подач.

Механизмом подачи ([рисунок 4](#)) состоит из червячной передачи, реечной передачи, рукояток управления и ряда муфт включения.

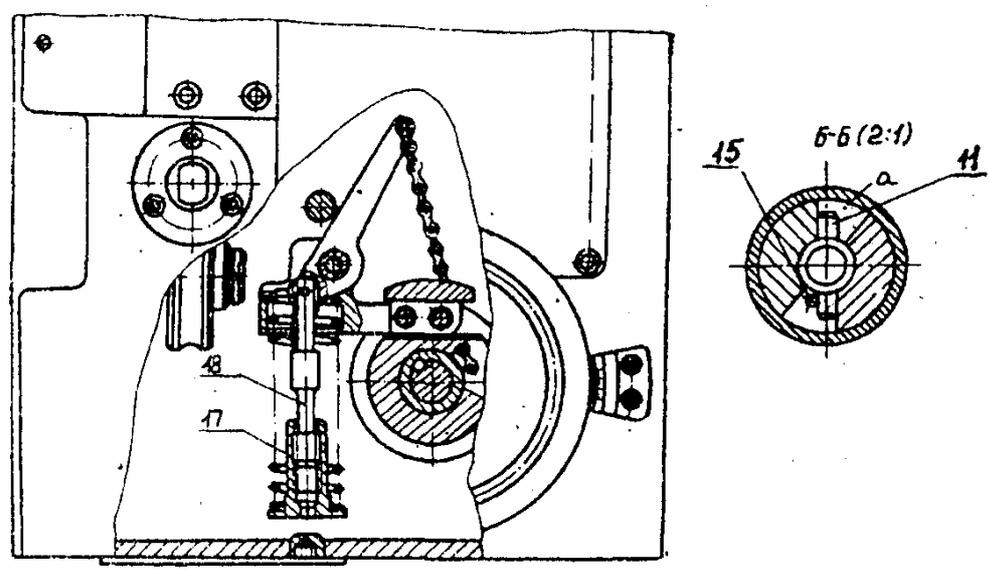
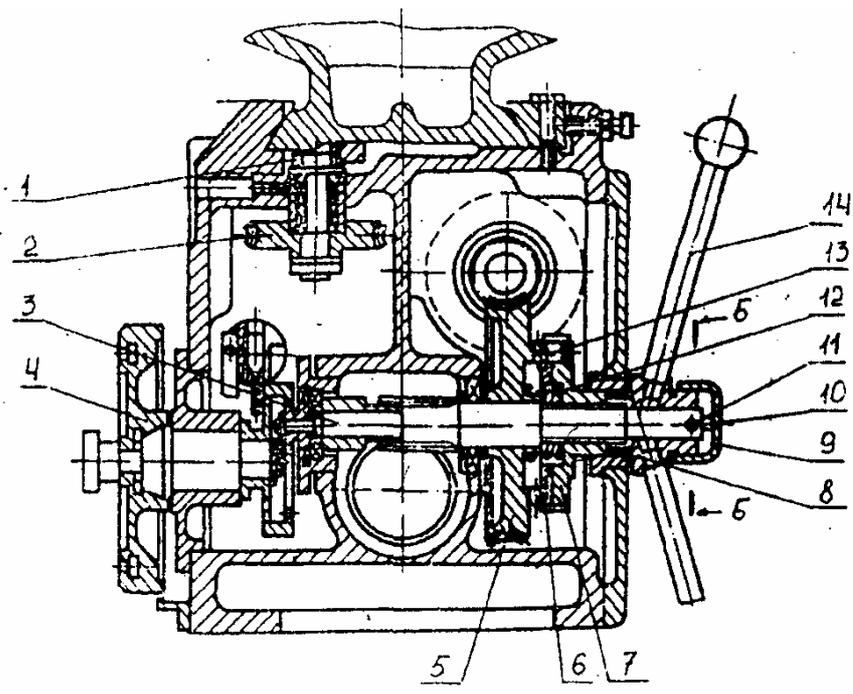


Рисунок 4 - Механизм подачи

Механизм подачи приводится в движение от коробки подач и предназначен для выполнения следующих операций:

- ручного подвода инструмента к детали;
- включения рабочей подачи (механическая подача шпинделя);
- ручного опережения подачи;
- выключения рабочей подачи ручного отвода шпинделя вверх;
- ручной подачи, используемой при нарезании резьбы.

Принцип работы механизма подачи заключается в следующем: при вращении штурвала 14 на себя поворачивается кулачковая муфта 8, которая через обойму-полумуфту 7 вращает вал-шестерню 3 реечной передачи, происходит ручная подача шпинделя. Когда инструмент подойдет к детали, на валу-шестерни 3 возникает крутящий момент, который не может быть передан зубцам кулачковой муфты 8, и обойма-полумуфта 7 перемещается вдоль вала до тех пор, пока торцы кулачков деталей 7 и 8 не встанут друг против друга. В этот момент кулачковая муфта 8 поворачивается относительно вала-шестерни на 20 град., этот угол ограничен пазом в детали 8 штифтом 10. На обойме-полумуфте 7 сидит двусторонний храповый диск 6, связанный с полумуфтой собачками 13. При перемещении обоймы-полумуфты зубцы диска 6 входят в зацепление с зубцами диска, выполненного заодно с червячным колесом 5, в результате вращение от червяка передается на реечную шестерню и происходит механическая подача шпинделя.

Быстрый ручной подвод инструмента к заготовке обеспечивается дальнейшим поворотом штурвала 14 при включенной подаче. В этом случае собачки 13 проскакивают по зубьям внутренней стороны диска 6, опережая механическую подачу, т.е. происходит ручное опережение механической подачи.

Выключение механической подачи в любой момент осуществляется поворотом штурвала 14 на себя на 20 град., при этом зубья муфты 8 станут напротив впадины обоймы-полумуфты 7, последняя под действием осевой силы и пружины 12 сместится вправо, расцепляя зубья храпового диска 6 с зубьями червячного колеса 5, вследствие чего механическая подача шпинделя прекратится.

При быстром ручном подъеме шпинделя механическая подача также автоматически выключается.

Конструкция механизма подач допускает также медленное ручное перемещение шпинделя. Для этого необходимо выключить штурвалом 14 механическую подачу, после чего переместить колпачок 9 вдоль оси вала 3 от себя; при этом штифт 11 заблокирует штифт 15 и при повороте штурвала 14 на себя не будет включаться механическая подача.

1.4 Наладка и настройка станка

Под наладкой станка подразумевают его подготовку к выполнению заданной работы в соответствии с установленным технологическим процессом обработки.

В наладку вертикально-сверлильного станка на обычную работу с механической подачей шпинделя входит:

- а) установка стола станка и закрепление его по высоте в требуемое положение;
- б) установка сверлильной головки и закрепление ее по высоте в требуемое положение;
- в) установка и закрепление режущего инструмента непосредственно в шпинделе станка или при помощи вспомогательных инструментов - зажимного патрона (шариковый быстросменный патрон ([рисунок 5 а](#)), быстросменный патрон с кулачковым зажимом ([рисунок 5 б](#)), самоцентрирующий кулачковый патрон ([рисунок 5 д](#)), цанговый патрон ([рисунок 5 г](#))) или переходных (разрезных) втулок ([рисунок 5 в](#));
- г) установка и закрепление заготовки на столе станка при помощи тисков (машинных ([рисунок 6 а](#) и [рисунок 6 б](#)), пневматических), прихватов ([рисунок 6 в](#)), упоров (ступенчатых ([рисунок 6 г](#)), регулируемых ([рисунок 6 д](#))), призм ([рисунок 6 е](#) и [рисунок 6 ж](#)), угольников ([рисунок 6 з](#)), поворотных стоек ([рисунок 6 и](#)), универсальных столов и кондукторов различного вида (оси инструмента и обрабатываемого отверстия должны совпадать);

д) подвод смазочно-охлаждающей жидкости к месту обработки.

Кроме того, на станке можно работать:

- с ручной подачей шпинделя;
- с выключением подачи шпинделя на заданной глубине;

- с автоматическим реверсированием шпинделя на заданной глубине при нарезке резьбы.

При наладке станка на работу с ручной подачей шпинделя необходимо нажать кнопку 15, расположенной в центре штурвала 16 (см. [рисунок 2](#)).

При наладке на работу с выключением подачи шпинделя на заданной глубине необходимо соблюдать следующую дополнительную последовательность:

а) опустить шпиндель до упора инструмента в деталь;

б) установить лимб 17 (см. [рисунок 2](#)) сверлильной головки так, чтобы против указателя лимба находилась цифра, соответствующая глубине обработки детали с учетом конуса инструмента;

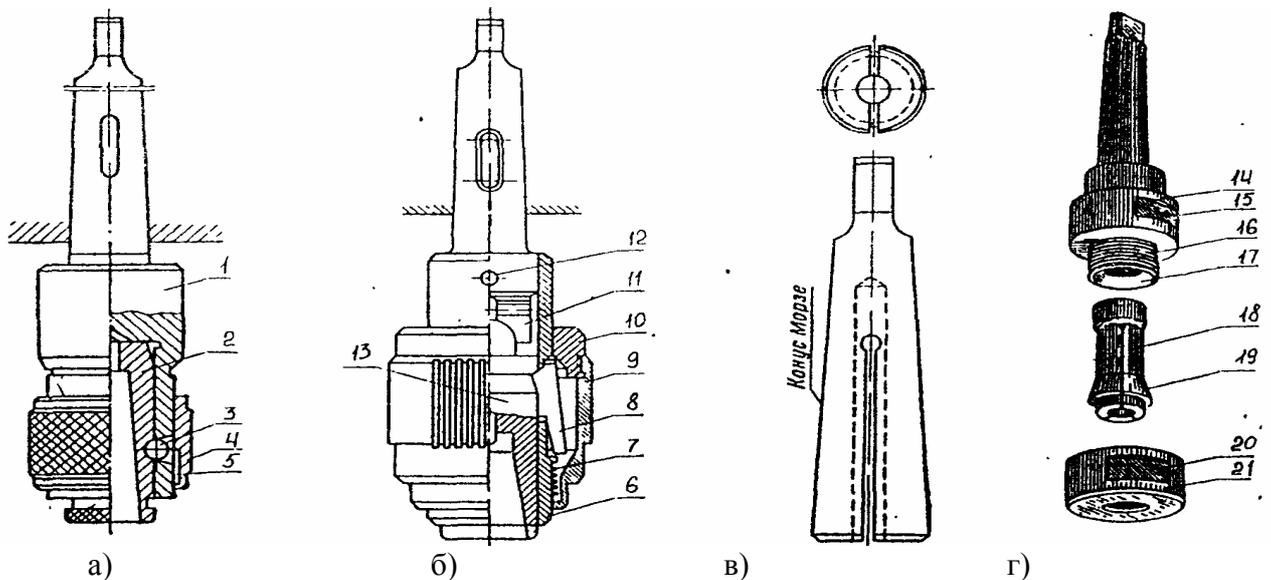
в) совместить риску кулачка 20 (см. [рисунок 2](#)) с соответствующей риской на лимбе 17 и кулачок закрепить.

После включения вращения шпинделя и подачи начнется обработка детали; по достижении нужной глубины подача прекратится, а шпиндель будет продолжать вращаться.

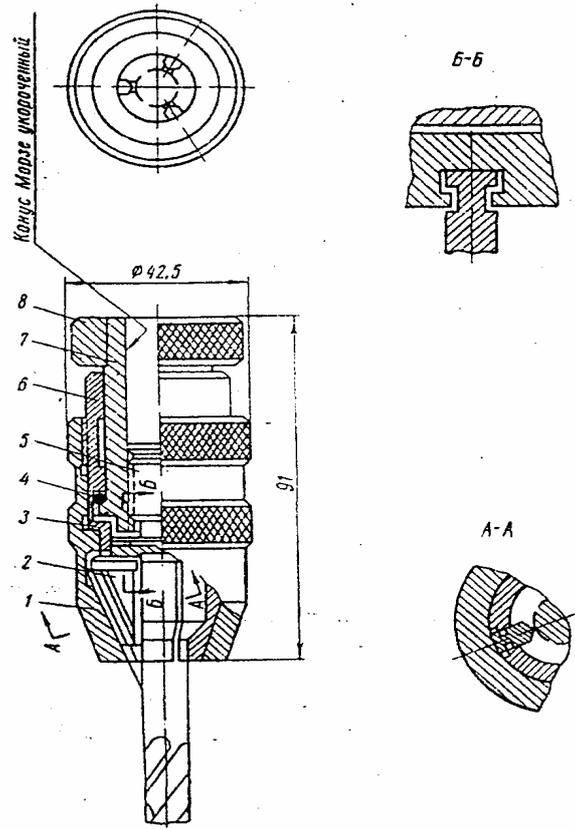
При наладке станка на нарезание резьбы с реверсом шпинделя на определенной глубине (автоматическое нарезание резьбы) необходимо соблюдать следующую дополнительную последовательность:

а) опустить шпиндель до упора инструмента в деталь;

б) установить лимб 17 (см. [рисунок 2](#)) сверлильной головки так, чтобы против указателя лимба находилась цифра, соответствующая глубине обработки детали;



1- патрон, 2- втулка, 3- шарик, 4- кольцо, 5- Выточка кольца, 6- патрон, 7- пружина, 8- кулачок, 9- втулка, 10- кольцо, 11 - поводок, 12- шпилька, 13- втулка, 14 - корпус, 15,20- лыски, 16- резьба корпуса, 17- расточка конусная, 18- цапга разрезная, 19- выступ, 21- гайка.

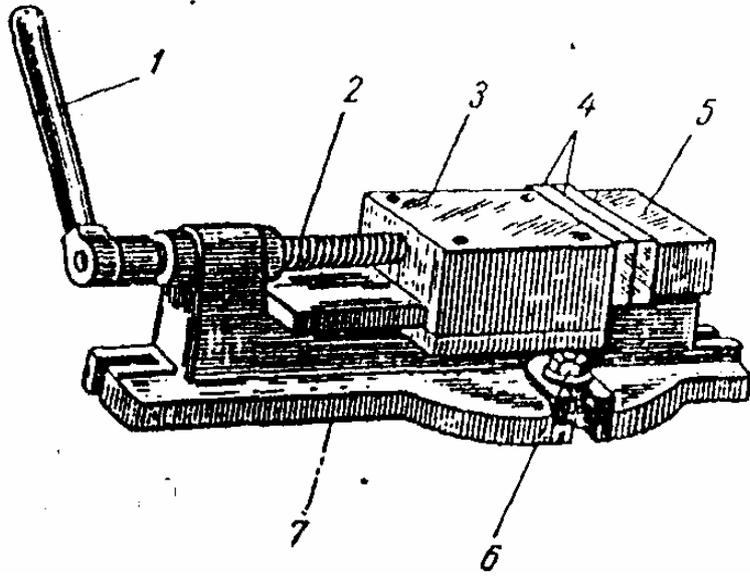


д)

1 – корпус патрона, 2 – кулачки, 3 – обойма, 4 – шарики, 5 – винт, 6 – втулка, 7 – резьбовая втулка, 8 – упорное кольцо

Рисунок

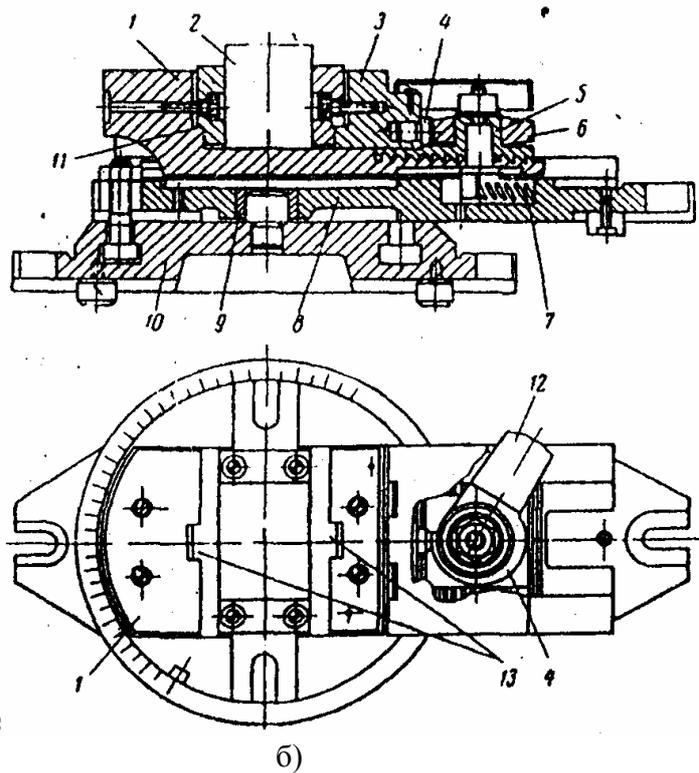
5 –



Приспособления для крепления инструмента

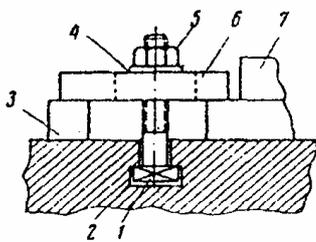
а)

1- рукоятка, 2- винт, 3- губка подвижная, 4- прокладка, 5- губке неподвижная, 6- болт, 7- основание.

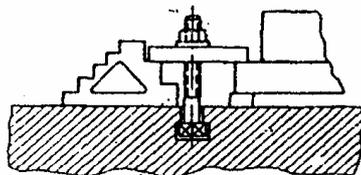


1- губка подвижная, 2- деталь, 3- губка неподвижная, 4 - упор, 5- ось, 6- эксцентрик, 7- пружина, 8- корпус, 9- ось, 10 - основание, 11, 13- выступы, 12- рукоятка.

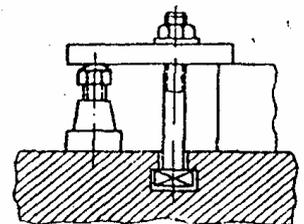
Рисунок 6, лист 1 – Приспособления для крепления детали



в)



г)



д)

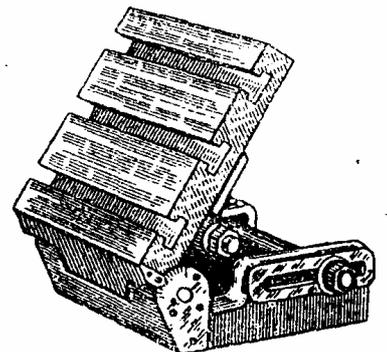
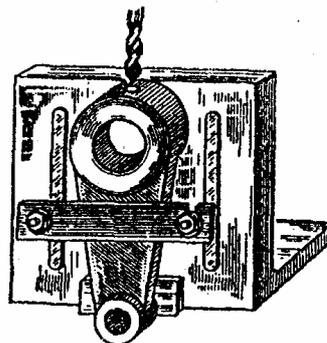
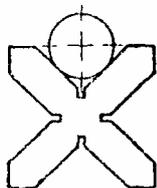
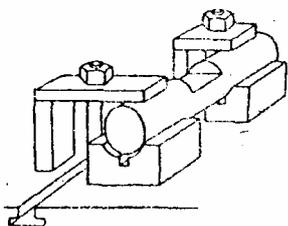
1- головка болта, 2- T-образный паз стола, 3- упор, 4- шайба, 5- гайка, 6- планка, 7- деталь.

е)

ж)

з)

и)



в) совместить риску кулачка 21 (см. [рисунок 2](#)) с соответствующей риской на лимбе 17 и кулачок закрепить;

г) после включения вращения шпинделя ввести метчик вручную в нарезаемое отверстие (через 2-3 оборота шпинделя надобность в ручной подаче отпадает).

По достижению заданной глубины нарезания шпиндель автоматически реверсируется и метчик выходит из отверстия. Для того чтобы шпиндель принял первоначальное вращение, необходимо нажать соответствующую кнопку (9 или 10, см. [рисунок 2](#)).

Настройка станка заключается в кинематической подготовке его к выполнению заданной обработки в соответствии с установленными режимами резания и технологией обработки детали.

Кинематические цепи станка настраивают в соответствии с выбранными режимами резания (частотой вращения шпинделя и подачей):

а) при настройке цепи главного движения числа оборотов шпинделя устанавливают по скорости резания при помощи рукояток коробки скоростей;

б) при настройке цепи движения подачи на станке устанавливают при помощи рукояток коробки подач.

1.5 Обработка отверстий

1.5.1 Сверление по разметке и по кондуктору

При сверлении по разметке в центре будущего отверстия разметочным кернером делают углубление и из него как из центра описывают окружность диаметром, равным диаметру образуемого отверстия.

Сверление по разметке производится в два этапа:

1) предварительное сверление выполняют с ручной подачей, высверливая небольшое углубление, диаметр которого равен $0,25d$. После этого отводят инструмент в исходное положение, удаляют стружку, проверяют совпадение окружности надсверленного отверстия с размеченной окружностью. Если отверстие не концентрично окружности, нужно исправить направление сверла. Для этого с той стороны углубления, в которую надо сместить сверло, крейцмейселем прорубают несколько неглубоких канавок ([рисунок 7](#)).

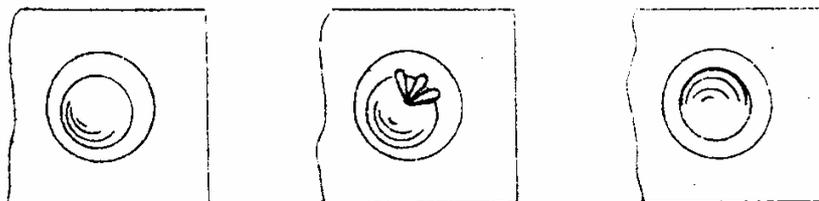


Рисунок 7 - Сверление по разметке

Сопротивление резанию со стороны канавок будет меньше, чем с противоположной стороны, и результирующая радиальных составляющих заставит сверло несколько изменить свое положение.

Иногда прорубать канавки приходится несколько раз, прежде чем сверло займет точное центральное положение;

2) далее производят окончательное сверление сверлом соответствующего диаметра.

Для увеличения производительности труда и повышения точности выполняемой работы широко применяют кондукторы. Вследствие наличия в кондукторе втулок, при помощи которых направляется режущий инструмент, сверление отверстий сквозных и глухих можно выполнять без разметки.

1.5.2 Сверление сквозных и глухих отверстий

При сверлении сквозных отверстий в заготовках необходимо обращать внимание на способ их закрепления. Если заготовка крепится в кондукторе, то на дне его должны быть отверстия под выход сверла; если она крепится на столе, то нужно установить ее на подкладку, чтобы дать свободный выход сверлу.

При сверлении сквозных отверстий с ручной подачей сверла необходимо в конце сверления уменьшать подачу сверла, а при выходе его из отверстия подачу производить осторожно, так как в момент выхода сверло, захватывая слишком толстый слой металла, защемляется неровностями на краях отверстий и может сломаться.

При сверлении глухих отверстий на определенную глубину ее отмечают на сверле мелом или карандашом; с помощью упора; промером глубиномером; с помощью лимба и линейки на станке; применением упорного кольца надеваемого на сверло.

При сверлении глубоких отверстий (сквозных, глухих) $l > 5d$ необходимо время от времени выводить сверло из обрабатываемого отверстия для удаления стружки. Этим облегчается сверление и устраняется поломка и преждевременное затупление сверла. Нельзя останавливать станок, когда сверло находится в отверстии, так как произойдет заедание сверла.

1.5.3 Сверление полых деталей

В полое пространство детали закладывается деревянный брусок для направления сверла, через который и производят сверление, иначе сверло, пройдя пустое пространство, упрется в нижнюю часть детали и, не имея направления, соскользнет и сломается.

1.5.4 Рассверливание отверстий

Рассверливание производится в тех случаях, когда необходимо получить отверстия диаметром свыше 25 мм. Вначале отверстия просверливают сверлом меньшего диаметра, а затем большего диаметра. Ниже приведена зависимость рекомендуемых размеров первого и второго сверл.

Диаметр номинальный первого сверла, мм	Номинальный диаметр отверстия, мм
15	25

При рассверливании успешно снимается только симметричный припуск.

1.6 Выбор режимов резания

1.6.1 Режимы резания при сверлении и рассверливании

Режимы резания при сверлении в основном характеризуются подачей и скоростью резания.

Выбор подач. Подачи S выбирают в зависимости от диаметра сверла, обрабатываемого материала, материала режущей части инструмента и пр.

Определяем величину подачи при сверлении или рассверливании по [таблица А.1](#) и [таблица А.2](#) и выбираем ближайшую из имеющихся на данном станке.

Скорость резания. Выбор скорости V резания при сверлении и рассверливании зависит от обрабатываемого материала, материала режущей части сверла, диаметра сверла, подачи, стойкости сверла, глубины просверливаемого отверстия, формы заточки сверла и охлаждения.

Скорость резания V , м/мин, при сверлении:

$$V = \frac{C_v \cdot D^z}{T^m \cdot S^y} \cdot K \quad (1)$$

и при рассверливании:

$$V = \frac{C_v \cdot D^z}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K \quad (2)$$

где C_v - постоянный коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал, материал инструмента, геометрию сверла и разные условия обработки;

D - диаметр сверла, мм;

T - период стойкости инструмента, мин. ([таблица А.4](#) и [таблица А.5](#));

s - подача, мм/об;

t - глубина резания при рассверливании (припуск на сторону), мм.

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (3)$$

где m, z, x, y - показатели степеней;

K - общий поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки:

$$K = K_M \cdot K_L \cdot K_H \dots,$$

где K_M, K_L, K_H - соответственно поправочные коэффициенты, в зависимости от обрабатываемого материала, глубины сверления, материала режущей части и др.

Значения величин C_v , m , z , x , y приведены в [таблица А.3](#). Поправочные коэффициенты на измененные условия работы приведены в [таблица А.4](#) и [таблица А.5](#), а поправочные коэффициенты на измененные условия работы твердосплавным инструментом - в [таблица А.6](#).

Частота вращения сверл n , об/мин, в зависимости от диаметра и скорости резания указаны в [таблица А.7](#) или по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{p \cdot D} \quad (4)$$

Полученное значение частоты вращения округляем до ближайшей частоты вращения шпинделя станка из числа имеющихся на данном станке.

Машинное время при сверлении и рассверливании отверстия определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s}, \quad (5)$$

где L - расчетная длина пути сверла ([рисунок 8](#)) в направлении подачи, мм;

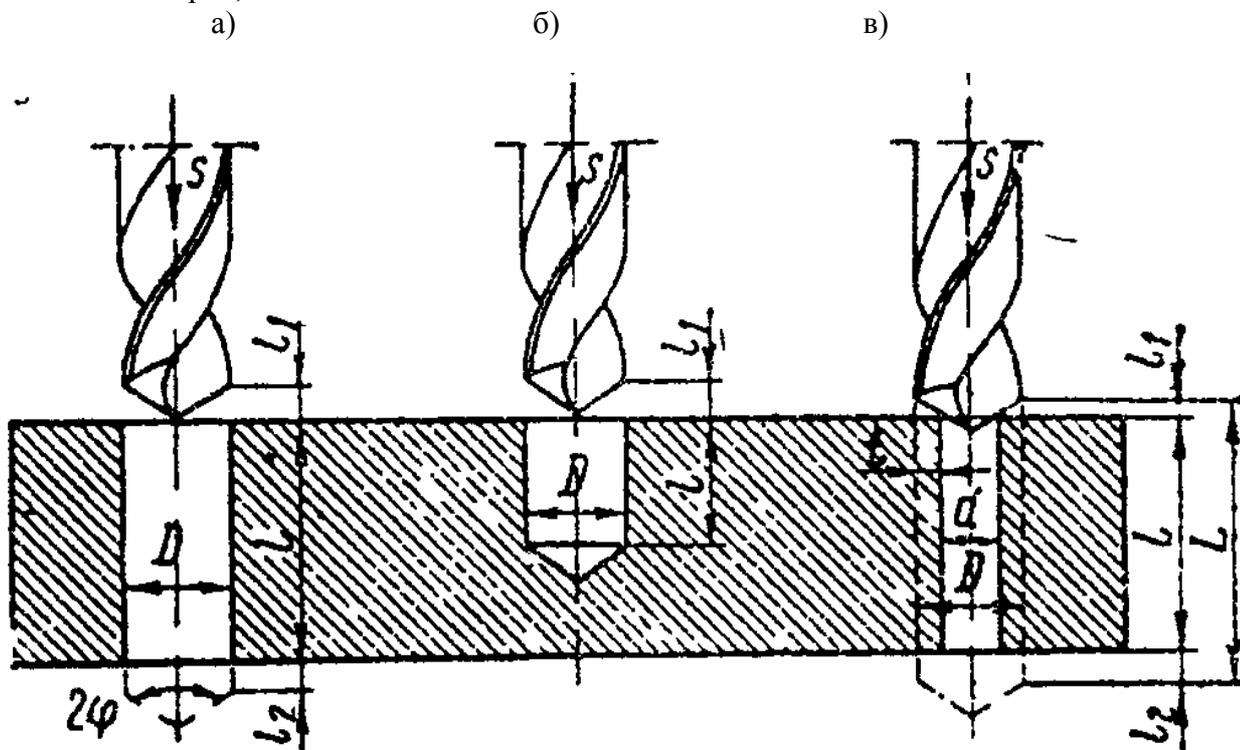
l - глубина отверстия, мм;

l_1 - величина врезания сверла, мм;

l_2 - величина перебега сверла, мм;

n - частота вращения сверла, мин^{-1} ;

s - подача сверла, мм/об.



а- при сквозном сверлении, б- при глухом сверлении,
в- при рассверливании.

Рисунок 8 - Путь, проходимый сверлом

Величину врезания l_1 для сверл с обычной заточкой и углом при вершине $2\varphi=116-118^\circ$ определяют по формуле:

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \operatorname{ctg} \varphi \quad (6)$$

При рассверливании

$$l_1 = \frac{D - d}{2} \cdot \operatorname{ctg} \varphi = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi \quad (7)$$

Значения l_1 и l_2 приведены в [таблица А.19](#) и [таблица А.20](#).

1.6.2 Режимы резания при зенкерование

Основными элементами резания при зенкерование являются глубина, скорость резания и подача.

Глубина резания при зенкерование зависит от диаметра зенкера и припуска на обработку (подсчитывают по той же формуле (3) что и при рассверливании).

Припуск под зенкерование обычно составляет 0,5-4 мм на сторону (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Среднее значение припусков под зенкерование

Диаметр зенкера, мм	до 15	15	20	25	30	40	50	60	70	80
Припуск на сторону, мм	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3	3,5	4

Выбор подач. Подачу выбирают максимально допустимой в соответствии с технологическими условиями обработки отверстия и классами точности и чистоты.

Технологически допустимые подачи при зенкерование сквозных отверстий приведены в [таблица А 8](#).

Для глухих отверстий подачи выбирают в пределах 0,2-0,6 мм/об. Наибольшие подачи применяют при обработке без допуска или зенкерование литых или прокованных отверстий, предварительно обработанных резцом или сверлом с последующим использованием двух разверток. Наименьшие подачи используют при обработке отверстий с точностью по 4 классу, с последующей обработкой одной разверткой.

Скорость резания. Выбор скорости резания зависит от обрабатываемого материала, материала инструмента, диаметра зенкера, подачи, периода стойкости, глубины резания и охлаждения.

Скорость резания при зенкерование, V , м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^z}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K \quad (8)$$

Значения величин C_v , m , z , x , y приведены в [таблица А. 9](#).

При изменении условий обработки скорость резания умножают на поправочные коэффициенты, равные поправочным коэффициентам при сверлении (см. [таблица А. 4](#), [таблица А. 5](#) и [таблица А.6](#)).

Поправочные коэффициенты на скорость резания при зенкеровании углеродистой и легированной стали для измененных условий работы выбирают по [таблица А. 10](#).

Периоды стойкости T определяются по [таблица А.4](#) и [таблица А. 5](#) или для зенкеров из быстрорежущей стали:

- 1) Для цельных хвостовых зенкеров диаметром $D = 10 \div 32$ мм:
 - а) при обработке стали $T = (0,8 \div 1,0) \times D$, мин;
 - б) при обработке чугуна $T = (1,5 \div 1,7) \times D$, мин;
- 2) Для насадных зенкеров со вставными зубьями диаметром от 25 до 80 мм:
 - а) при обработке стали $T = (1,3 \div 1,7) \times D$, мин;
 - а) при обработке стали $T = (2,5 \div 3,5) \times D$, мин

Машинное время при зенкеровании определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s}, \quad (9)$$

где L - расчетная длина пути ([рисунок А. 9](#)), проходимого зенкером, мм;

l - глубина зенкерования, мм;

l_1 - величина врезания, мм;

l_2 - величина перебега, обычно равна от 1 до 4 мм или выбирают в зависимости от подачи: $l_2 = 3 \cdot s$, мм;

n - частота вращения, об/мин;

s - подача, мм/об.

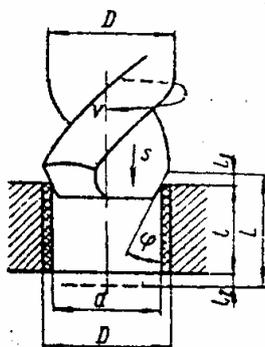


Рисунок 9 - Путь, проходимый зенкером
Величину врезания l_1 определяют по формуле

$$l_1 = \frac{D - d}{2} \cdot \text{ctg} \varphi = t \cdot \text{ctg} \varphi, \quad (10)$$

где φ - главный угол в плане.

Значения величин l_1 и l_2 приведены в [таблице А.21](#).

1.6.3. Режимы резания при развертывании

Основными элементами резания при развертывании являются глубина, скорость резания и подача.

Глубина резания при развертывании зависит от диаметра развертки и припуска на обработку (подсчитывают по той же [формуле \(3\)](#) что и при рассверливании).

Выбор подачи. Подачу выбирают максимально допустимой в соответствии с технологическими условиями обработки отверстия и классами точности и чистоты.

Технологически допустимые подачи разверток приведены в [таблица А. 11](#), [таблица А. 16](#) и [таблица А. 17](#).

Скорость резания. Выбор скорости резания зависит от обрабатываемого материала, материала инструмента, диаметра развертки, подачи, периода стойкости, глубины резания и охлаждения.

Скорость резания при развертывании определяется по [формуле \(8\)](#) или по [таблице А.16](#) и [таблице А.17](#).

Значения величин C_v, m, z, x, y приведены в [таблице А.12](#).

Поправочные коэффициенты на скорость резания при развертывании для измененных условий работы выбирают по [таблице А. 14](#) и [таблице А. 15](#).

Периоды стойкости T для разверток определяются по [таблице А.13](#). Машинное время при развертывании определяется по [формуле \(9\)](#). Значения величин l_1 и l_2 приведены в [таблице А. 21](#).

1.6.4 Режимы резания при нарезании резьбы

Режимы резания при нарезании резьбы метчиками даны в [таблице А.18](#).

Машинное время T при нарезании резьбы метчиком за один проход определяют по следующим формулам:

- при нарезании резьбы в сквозных отверстиях ([рисунок 10 а](#))

$$T_0 = \frac{L + l_1 + l_2}{n \cdot s} = + \frac{L + l_1 + l_2}{n_0 \cdot s}, \quad (11)$$

- при нарезании резьбы в глухих отверстиях ([рис рисунок 10 б](#))

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot s} + \frac{L}{n_0 \cdot s}, \quad (12)$$

где L - глубина (длина) нарезаемого отверстия, мм;

l_1 - длина заборной (режущей) части, равная $(1 \div 3) \cdot S$, мм;

l_2 - величина перебега, равная $(2 \div 3) \cdot S$, мм;

n - частота вращения метчика при рабочем ходе, мин; n_0 - частота вращения метчика при обратном ходе, мин;

S - шаг нарезаемой резьбы, мм.

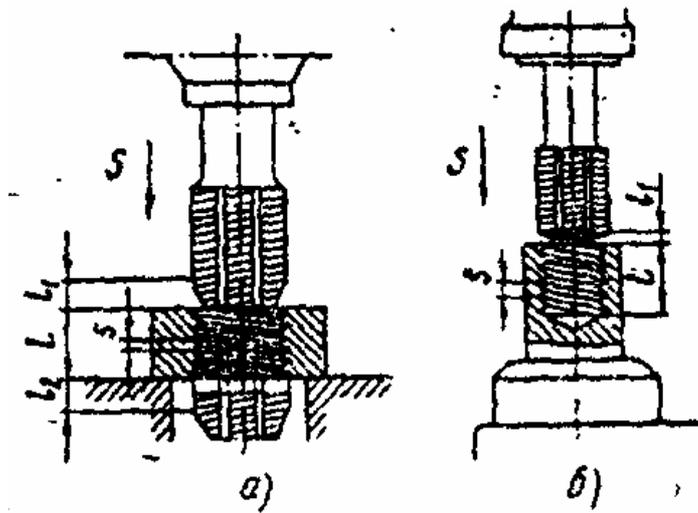


Рисунок 10 - Нарезание резьбы метчиком

При нарезании резьбы последовательно несколькими метчиками машинное время умножают на число проходов (число метчиков).

2 Порядок проведения лабораторной работы

Прежде чем приступить к непосредственному выполнению лабораторной работы необходимо:

- 1) ознакомиться с общим устройством, кинематической схемой станка, принципом действия основных механизмов станка, системой управления станка, его технической характеристикой и правилами техники безопасности;
- 2) перед пуском станка изучить назначение всех его рукояток;
- 3) изучить пуск станка;
- 4) после изучения всех узлов, рычагов, рукояток станка пустить его в ход и испытать на холостом ходу;
- 5) получить от преподавателя индивидуальное задание (на одного или группу учащихся) на наладку станка;
- 6) наладить и настроить станок на необходимые для обработки режимы резания;
- 7) убедиться в правильности и надежности крепления на станке обрабатываемой детали и инструмента;
- 8) совместно с руководителем занятия или лаборантом обработать деталь.
- 9) выполнить необходимые измерения.

3 Правила техники безопасности при работе на вертикально-сверлильном станке модели 2Н125

Перед началом работы на сверлильных станках необходимо выполнять следующие требования:

- 1) осматривать рабочее место и убирать со станка, и проходов все, что мешает нормальной работе;
- 2) проверять и обеспечивать нормальную смазку станка;
- 3) осматривать ограждающие и предохранительные устройства, режущий инструмент и приспособления;
- 4) проверять вручную, а затем на холостом ходу, нет ли заедания и значительных люфтов в движущих частях станка;
- 5) проверять исправность устройств для включения станка (кнопки, рубильники), переключения скоростей и механизмов управления станком;
- 6) устанавливать индивидуальное освещение станка, наиболее удобное для работы;
- 7) производить пробный пуск станка и контрольный осмотр рабочего места.

Во время работы на станке необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) содержать рабочее место в чистоте и порядке, своевременно очищая стол станка от стружки, масла и эмульсии;
- 2) не держать на столе станка обработанные детали, инструменты, ключи, крепежные болты, заготовки и пр.;
- 3) правильно устанавливать обрабатываемую деталь и надежно крепить ее в приспособлениях;
- 4) не удерживать заготовку руками на столе станка в процессе ее обработки;
- 5) не оставлять ключа в сверлильном патроне после смены режущего инструмента;
- 6) не останавливать рукой вращения шпинделя, патрона и не брать руками за вращающиеся режущий инструмент и части станка;
- 7) не нажимать сильно на рычаг подачи сверла при сверлении вручную отверстий малого диаметра и не применять более высоких подач, чем в карте технологического процесса при автоматической подаче;
- 8) систематически следить за состоянием режущего инструмента, не допуская его чрезмерного затупления;
- 9) работать только исправным вспомогательным инструментом, не применять прокладок при работе ключами и не удлинять гаечные ключи трубами;
- 10) применять предохранительные очки или защитный щиток для предохранения глаз и лица сверловщика от ожогов и повреждений;
- 11) немедленно останавливать станок при заедании в направляющей втулке или поломке инструмента, обнаружении неисправности в станке, приспособлении, ослаблении крепежных болтов, планок и прокладок.

4 Отчет по лабораторной работе " Наладка и настройка вертикально - сверлильного станка модели 2Н125 на обработку детали"

- 4.1 Дать краткую характеристику станка по схеме:
 - наименование;
 - модель;
 - размеры рабочей поверхности стола;
 - пределы частот вращения шпинделя;
- 4.2 Перечислить применяемый режущий инструмент и виды производящих им работ;
- 4.3 Перечислить применяемые приспособления;
- 4.4 Составить уравнение кинематического баланса для:
 - наименьшего числа оборотов шпинделя;
 - минимальной вертикальной подачи шпинделя;
- 4.5 Представить полный расчет настройки вертикально-сверлильного станка по следующим данным: материал заготовки - серый чугун с НВ 195; материал режущей части инструмента – P18, диаметр сверла $D = 30$ мм; диаметр рассверливаемого отверстия $d = 20$ мм; характер обработки - рассверливание; чистовая обработка; число проходов -1; требуемая точность отверстия - до 12 качества; деталь – жесткая; форма заточки сверла – ДП; длина отверстия – 90 мм
- 4.6 Начертить схему установки детали и инструмента на станке.

Группа
Выполнил
Принял

Список использованных источников

- 1 Власов С.Н., Годович Г.М., Черпаков Б.И. Устройство, наладка и обслуживание металлообрабатывающих станков и автоматических линий. - М.: Машиностроение, 1983.-324с.
- 2 Чернов Н.Н. Металлорежущие станки. - М.: Машиностроение, 1988.-240с..
- 3 Голофтеев С.А. Лабораторный практикум по курсу "Металлорежущие станки": Учеб. пособие для техникумов.- М.: Высш.шк.,1991. -240 с.
- 4 Ничков А.Г. Фрезерные станки. - М.: Машиностроение, 1977. -184с.;
- 5 Барбашев Ф.А. Фрезерное дело: Учебное пособие для сред. проф.-тех.училищ. Изд.2-е. - М.: Высшая школа, 1975.- 216с.
- 6 Колев Н.С. и др. Металлорежущие станки. - М.: Машиностроение, 1980. - 486 с.
- 7 Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов. /Под ред. В.Э. Пуша – М. : Машиностроение, 1986. -256 с.
- 8 Сысоев В.И. Справочник молодого сверловщика. - М.: Профтехиздат, 1962.- 272с.
- 9 Барун В.А. Работа на сверлильных станках.: Учебное пособие для сред. проф. - тех.училищ. - М.: Профтехиздат, 1963.- 296с.
- 10 Трофимов А.М. Металлорежущие станки . – М.: Машиностроение, 1979. - 78с.

Приложение А

(справочное)

Таблица А.1- Поддачи при сверлении сверлами из инструментальных сталей

Диаметр сверла D, мм, до	Сталь $\sigma_b < 800$, МПа и алюминиевые сплавы			Сталь $\sigma_b = 800-1000$, МПа			Сталь $\sigma_b > 1000$, МПа			Чугун $HB < 200$ и медные сплавы			Чугун $HB > 200$		
	Группа подач														
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Подача s, мм/об														
2	0,05-0,06	0,04-0,05	0,03-0,04	0,04-0,05	0,03-0,04	0,02-0,03	0,03-0,04	0,02-0,03	0,09-0,11	0,06-0,08	0,05-0,06	0,05-0,07	0,04-0,05	0,03-0,04	
4	0,08-0,10	0,06-0,08	0,04-0,06	0,06-0,08	0,04-0,06	0,03-0,04	0,04-0,06	0,03-0,04	0,18-0,22	0,13-0,17	0,09-0,11	0,11-0,13	0,08-0,10	0,06-0,07	
6	0,14-0,18	0,11-0,13	0,07-0,09	0,10-0,12	0,07-0,09	0,05-0,06	0,08-0,10	0,06-0,08	0,27-0,33	0,20-0,24	0,13-0,17	0,18-0,22	0,13-0,17	0,09-0,11	
8	0,18-0,22	0,13-0,17	0,09-0,11	0,13-0,15	0,09-0,11	0,06-0,08	0,11-0,13	0,08-0,10	0,36-0,44	0,27-0,33	0,18-0,22	0,22-0,26	0,16-0,20	0,11-0,13	
10	0,22-0,28	0,16-0,20	0,11-0,13	0,17-0,21	0,13-0,15	0,08-0,11	0,13-0,17	0,10-0,12	0,47-0,57	0,35-0,43	0,23-0,29	0,28-0,34	0,21-0,25	0,13-0,17	
13	0,25-0,31	0,19-0,23	0,13-0,15	0,19-0,23	0,14-0,18	0,10-0,12	0,15-0,19	0,12-0,14	0,62-0,64	0,39-0,47	0,26-0,32	0,31-0,39	0,23-0,29	0,15-0,19	
16	0,31-0,37	0,22-0,27	0,15-0,19	0,22-0,28	0,17-0,21	0,12-0,14	0,18-0,22	0,13-0,17	0,9-1,1	0,61-0,75	0,45-0,56	0,31-0,37	0,37-0,45	0,27-0,33	
20	0,35-0,43	0,26-0,32	0,18-0,22	0,26-0,32	0,20-0,24	0,13-0,17	0,21-0,25	0,15-0,19	0,70-0,86	0,52-0,64	0,35-0,43	0,43-0,53	0,32-0,40	0,22-0,26	
25	0,39-0,47	0,29-0,35	0,20-0,24	0,29-0,35	0,22-0,26	0,14-0,18	0,23-0,29	0,17-0,21	0,78-0,96	0,58-0,72	0,39-0,47	0,47-0,57	0,35-0,43	0,23-0,29	
30	0,45-0,55	0,33-0,41	0,22-0,28	0,32-0,40	0,24-0,30	0,15-0,20	0,27-0,33	0,20-0,24	0,9-1,1	0,67-0,83	0,45-0,55	0,54-0,66	0,40-0,50	0,27-0,33	
до 80	0,60-0,70	0,45-0,55	0,30-0,35	0,40-0,50	0,30-0,35	0,20-0,25	0,30-0,40	0,22-0,30	1,0-1,2	0,80-0,90	0,50-0,60	0,70-0,80	0,50-0,60	0,35-0,40	

Поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от глубины сверления (для I группы подач) выбирают по следующим данным:

Глубина сверления в диаметрах сверла	3D	5D	7D	10D
Коэффициент K_{I_1}	1,0	0,9	0,8	0,75

- I группа. Сверление отверстий в жестких деталях без допуска или с допуском до 12-го качества под последующую обработку несколькими инструментами.
- II группа. Сверление отверстий в деталях недостаточной жесткости (тонкостенные детали коробчатой формы, тонкие выступающие части детали и т. п.) без допуска или с допуском до 12-го качества под последующую обработку несколькими инструментами, сверление для последующего нарезания резьбы метчиками.
- III группа. Сверление точных отверстий при последующей обработке одним зенкером или одной разверткой, сверление в деталях малой жесткости и с неустойчивыми опорными поверхностями.

Примечание - Для предупреждения поломки сверла при выходе их из отверстия рекомендуется выключать автоматическую подачу.

Таблица А.2 – Подачи при рассверливании сверлами из инструментальной стали

Диаметр сверла D, мм	Диаметр рассверливаемого отверстия d, мм	Сталь, стальное литье и алюминиевые сплавы			Чугун и медные сплавы		
		Группа подач					
		I	II	III	I	II	III
		Подача s, мм/об					
25	10	0,7—1,1	0,5—0,7	0,3—0,4	1,1—1,5	0,7—1,0	0,4—0,5
	15	0,8—1,2	0,6—0,8	0,4—0,6	1,2—1,6	0,8—1,1	0,45—0,6
30	10	0,7—1,1	0,5—0,7	0,3—0,4	1,0—1,4	0,7—1,1	0,4—0,5
	15	0,7—1,1	0,5—0,7	0,3—0,4	1,1—1,5	0,8—1,2	0,45—0,5
	20	0,8—1,2	0,6—0,8	0,4—0,5	1,2—1,6	0,8—1,2	0,5—0,6
40	15	0,8—1,2	0,5—0,7	0,3—0,4	1,0—1,6	0,7—1,1	0,4—0,5
	20	0,9—1,2	0,6—0,8	0,4—0,5	1,1—1,7	0,8—1,2	0,5—0,6
	30	0,9—1,3	0,6—0,8	0,4—0,5	1,2—1,8	0,8—1,3	0,6—0,7
50	20	0,9—1,2	0,7—0,8	0,4—0,5	1,2—1,8	0,9—1,3	0,5—0,6
	30	1,0—1,3	0,7—0,9	0,4—0,5	1,3—2,0	1,0—1,4	0,6—0,7
	40	1,0—1,4	0,8—0,9	0,5—0,6	1,3—2,0	1,0—1,4	0,7—0,8
60	30	0,9—1,2	0,7—0,8	0,4—0,5	1,2—1,8	0,9—1,2	0,55—0,6
	40	1,0—1,3	0,8—0,9	0,4—0,5	1,3—2,0	0,9—1,3	0,6—0,7
	50	1,0—1,4	0,8—0,9	0,5—0,6	1,3—2,0	1,0—1,4	0,7—0,8

Выбор группы подач

I группа. Рассверливание отверстий в жестких деталях без допуска или с допуском до 12-го *квалитета* под последующую обработку несколькими инструментами.

II группа. Рассверливание отверстий в деталях недостаточной жесткости (тонкостенные детали коробчатой формы, тонкие выступающие части деталей и т. д.) без допуска или с допуском до 12-го *квалитета* под последующую обработку несколькими инструментами и для последующего нарезания резьбы метчиками.

III группа. Рассверливание точных отверстий при последующей обработке одним зенкером или одной разверткой.

Таблица А.3 – Значения C_v , m , z_v , x_v , y_v для определения скорости резания при обработке сверлами из инструментальной стали

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Подача, мм/об	Коэффициент и показатели степеней				
			C_v	m	z_v	x_v	y_v
Конструкционная углеродистая сталь с $\sigma_b = 760$, МПа HB 215	Сверление	$\leq 0,2$	8,9	0,2	0,4	0,7	—
		$> 0,2$	12,4	0,2	0,4	0,5	—
	Рассверливание	—	20,7	0,4	0,2	0,5	0,2
Серый чугун HB 190	Сверление	$\leq 0,3$	17,6	0,125	0,25	0,55	—
		$> 0,3$	20,5	0,125	0,25	0,4	—
	Рассверливание	—	28	0,125	0,25	0,4	0,1

Примечание — Приведенные данные предусматривают сверление сталей с охлаждением эмульсией и обработку чугуна без охлаждения.

Таблица А.4 – Поправочные коэффициенты на скорость резания при обработке стали и алюминиевых сплавов сверлами и зенкерами из инструментальной стали (сверление, рассверливание и зенкерование)

1. K_{Mv} в зависимости от механических свойств и марки обрабатываемого материала															
Наименование обрабатываемого материала	Марка материала	Поправочный коэффициент при механических свойствах материала													
		НВ	—	—	—	110—140	140—170	170—200	200—230	230—260	260—290	290—320	320—350	350—380	
		5x10 ³ МПа	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100	100—110	110—120	120—130	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
СТАЛИ	Автоматные	A12; A15; A15Г; A20; A30; A35	—	—	—	—	0,87	1,39	1,2	1,06	0,94	—	—	—	—
	Углеродистые обыкновенного качества и конструкционные (C < 0,6%)	0,8; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; Ст. 0; Ст. 1; Ст. 2; Ст. 3; Ст. 4; Ст. 5; Ст. 6	—	—	—	0,57	0,72	1,16	<u>1,0</u>	0,88	0,78	—	—	—	—
	Хромистые Никелевые Хромоникелевые	15X; 20X; 30X; 35X; 40X; 45X; 50X 25Н; 30Н 12X2Н4; 20X2Н4; 20XН3А; 37XН3А	—	—	—	—	—	1,04	0,9	0,79	0,70	0,64	0,58	0,54	0,49

Продолжение таблицы А.4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Сталь	Углеродистые инструментальные и конструкционные (C > 0,6%)	У8; У8А; У9; У9А; У10; У10А; У12; У12А; У18; У13А; У8Г; У8ГА; У10Г; У10ГА	—	—	—	—	—	—	0,8	0,70	0,62	0,57	0,52	0,48	—
	Хромоникель-вольфрамовые и близкие к ним	18ХНВА; 25ХНВА; 18Х2Н4МА; 18ХНМА; 45ХНМФА; 20ХНФА													
	Марганцовистые	15Г; 20Г; 30Г; 40Г; 50Г; 60Г; 65Г; 70Г; 10Г2; 30Г2; 35Г2; 40Г2; 45Г2; 50Г	—	—	—	—	—	0,82	0,7	0,62	0,55	0,50	0,46	0,42	0,39
	Хромомolibденные и близкие к ним	12ХМ; 20ХМ; 30ХМ; 35ХМ; 38ХМЮА; 35ХЮА; 0ХМ; 32ХНМ; 40ХНМА	—	—	—	—	—	0,82	0,7	0,62	0,55	0,50	0,46	0,42	0,39
	Хромомарганцовистые и близкие к ним	15ХГ; 20ХГ; 40ХГ; 40Х2Г; 55ХГ2; 33ХС; 37ХС; 35СГ; 30ХГС; 35ХГС	—	—	—	—	—	0,82	0,7	0,62	0,55	0,50	0,46	0,42	0,39
Инструментальная быстрая	P18 <i>и др.</i>	—	—	—	—	—	—	0,6	0,53	0,47	0,43	0,39	0,36	0,33	

Продолжение таблицы А.4

Наименование обрабатываемого материала	Марка материала	НВ	Поправочный коэффициент при механических свойствах материала											
			—	—	—	110—140	140—170	170—200	200—230	230—260	260—290	290—320	320—350	350—380
			6,5 × 10 ³ МПа	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100	100—110	110—120
Дюралюминий	—	—	—	5,5	4,5	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—
Алюминий	—	—	5,5	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Силумин и литейные алюминиевые сплавы	—	—	4,5	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Принятые средние периоды стойкости инструментов <i>T</i> , мин.														
Диаметр инструмента <i>D</i> , мм	2—5	6—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80					
Сверление	8	15	30	50	70	90	110	—	—					
Рассверливание	—	—	—	50	70	90	110	—	—					
Зенкерование	—	—	15	30	45	60	75	90	120					

Продолжение таблицы А.4

2. $K_{T\phi}$ в зависимости от отношения фактической стойкости к нормативной														
Отношение $\frac{T_{\phi}}{T}$		0,25	0,5	1	2	4	6	8	10	12	18	24		
Коэффициент $K_{T\phi}$	Сверление, рас- сверливание	1,32	1,15	1,0	0,87	0,76	0,70	0,66	0,63	0,61	0,56	0,53		
	Зенкерование	1,51	1,23	1,0	0,81	0,66	0,58	0,53	0,50	0,47	0,42	0,39		
3. K_{uv} в зависимости от марки материала инструмента														
Марка материала инструмента									P18		9ХС			
Коэффициент K_{uv}									1,0		0,6			
4. $K_{\phi v}$ в зависимости от формы заточки сверла														
Форма заточки									ДП		Н			
Коэффициент $K_{\phi v}$									1,0		0,87			
5. K_{lv} в зависимости от глубины сверления														
Глубина сверления в диаметрах сверла до							3D	4D	5D	6D	8D	10D		
Коэффициент K_{lv}							1	0,85	0,75	0,7	0,6	0,5		
6. K_{lv} в зависимости от отношения фактической глубины резания к нормативной при зенкеровании														
Отношение $\frac{t_{\phi}}{t_n}$								0,5		1,0		2,0		
Коэффициент K_{lv}								1,15		1,0		0,87		

Продолжение таблицы А.5

2. K_{cv} в зависимости от состояния обрабатываемой поверхности при зенкеровании											
Состояние обрабатываемой поверхности	Предварительно обработанное отверстие						Литое отверстие $\frac{t_{cp}}{t_n} \geq 3$				
Коэффициент K_{cv}	1,0						0,75				
Принятые средние периоды стойкости инструментов T , мин.											
Диаметр инструмента D , мм	2—5	6—10	11—20	21—30	32—40	41—50	51—60	61—70	71—80		
Сверление	12	25	45	75	105	135	165	—	—		
Рассверливание	—	—	—	75	105	135	165	—	—		
Зенкерование	—	—	30	50	70	90	110	130	150		
3. $K_{T\sigma}$ в зависимости от отношения фактической стойкости к нормативной											
Отношение $\frac{T_{\phi}}{T}$	0,25	0,5	1	2	5	6	8	10	12	18	24
Коэффициент $K_{T\sigma}$	1,2	1,09	1,0	0,91	0,84	0,79	0,76	0,75	0,73	0,69	0,66
4. $K_{\mu\sigma}$ в зависимости от марки материала инструмента											
Марка материала инструмента								P18	9XC		
Коэффициент $K_{\mu\sigma}$								1,0	0,6		

Продолжение таблицы А.5

5. $K_{\phi v}$ в зависимости от формы заточки сверла						
Форма заточки	ДП	ЖДП	Н			
Коэффициент $K_{\phi v}$	1,0	1,05	0,84			
6. K_{lv} в зависимости от глубины сверления						
Глубина сверления в диаметрах сверла до	3D	4D	5D	6D	8D	10D
Коэффициент K_{lv}	1,0	0,84	0,75	0,70	0,60	0,50
7. K_{lv} в зависимости от отношения фактической глубины резания к нормативной (для предварительно обработанного отверстия при зенкеровании)						
Отношение $\frac{t_{\phi}}{t_n}$	0,5		1,0		2,0	
Коэффициент K_{lv}	1,08		1,0		0,93	

Таблица А.6 – Поправочные коэффициенты на скорость резания при обработке серого и ковкого чугуна сверлами и зенкерами из твердого сплава (сверление, рассверливание и зенкерование)

1. K_{Mv} в зависимости от механических свойств										
Наименование материала	Марка материала	Поправочный коэффициент K_{Mv} при твердости HB								
		105--125	125--145	145--165	165--185	185--205	205--225	225--245	245--265	
Отливки из серого чугуна	СЧ12									
	СЧ15									
	СЧ18									
	СЧ21									
	СЧ24	—	—	—	1,15	1,0	0,88	0,79	0,71	
	СЧ28									
	СЧ32									
	СЧ35									
	СЧ38									
Отливки из ковкого чугуна	КЧ37									
	КЧ33									
	КЧ40									
	КЧ30	2,2	1,77	1,48	1,26	1,1	—	—	—	
	КЧ35									
	КЧ30									
	КЧ35									
2. K_{Mv} в зависимости от марки материала инструмента										
Материал инструмента						ВК8	ВК6	ВК4		
Поправочный коэффициент K_{Mv}						1	1,2	1,3—1,4		
3. K_{lv} в зависимости от длины отверстия										
Длина отверстия в диаметрах до						3D	4D	5D	6D	10D
Поправочный коэффициент K_{lv}						1,0	0,85	0,75	0,60	0,50

Таблица А.7 – Число оборотов сверл различного диаметра в зависимости от скорости резания

Диаметр сверла, мм	Число оборотов сверла (об/мин) при скорости резания, м/мин										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	100
1	3185	4780	6370	7960	9555	11150	12740	14380	15925	19110	31850
2	1592	2390	3184	3980	4776	5580	6368	8060	7960	9552	15920
3	1062	1590	2124	2660	3186	3720	4248	4780	5310	6372	10620
4	796	1195	1592	1990	2388	2790	3185	3595	3980	4780	7960
5	637	955	1274	1590	1911	2230	2548	2865	3185	3820	6370
6	531	796	1062	1326	1593	1855	2124	2387	2655	3180	5310
7	455	682	910	1135	1365	1590	1820	2045	2275	2730	4550
8	398	597	796	996	1194	1392	1592	1792	1990	2388	3980
9	354	530	708	885	1062	1238	1416	1593	1770	2122	3540
10	318	478	636	796	954	1114	1272	1433	1592	1910	3184
12	265	398	530	663	795	929	1060	1193	1326	1592	2652
14	228	341	456	568	684	796	912	1010	1136	1364	2272
16	199	298	398	497	597	696	796	895	994	1194	1988
18	177	265	354	442	531	619	708	795	884	1062	1768
20	159	239	318	398	478	558	637	716	796	956	1592
22	145	217	290	362	435	507	580	652	724	870	1448
24	133	199	266	332	398	465	532	597	664	796	1328
26	122	184	244	306	366	429	498	551	612	736	1224
27	118	171	236	284	354	398	472	511	568	682	1136
30	106	159	212	265	318	371	425	478	530	636	1060
32	99	149	198	249	298	348	396	448	498	596	996
34	94	140	188	234	282	327	376	421	468	560	936
36	88	133	176	221	265	310	352	398	442	530	884
38	84	126	168	210	252	294	336	378	420	504	840
40	80	119	160	199	239	279	320	358	398	478	796
42	76	113	152	189	227	265	304	341	378	452	756
46	69	106	138	177	207	248	276	319	354	424	708
50	64	96	128	159	191	223	255	286	318	382	636
60	53	80	106	133	159	186	212	239	265	318	530

Таблица А.8 – Поддачи при зенкеровании S мм/об

Зенкер из быстрорежущей стали				Зенкер с пластижкой из твердого сплава				
Диаметр зенкера, мм	Сталь $\sigma_{0,2} < 900$ МПа.	Чугун		Диаметр зенкера, мм	Сталь		Чугун	
		HВ < 170	HВ > 170		незакаленная	закаленная	HВ < 170	HВ > 170
15	0,4—0,7	0,6—1,25	0,35—0,75	15	0,4—0,55	0,2—0,4	0,6—0,9	0,45—0,65
20	0,5—0,9	0,75—1,5	0,45—0,9	20	0,5—0,7	0,3—0,55	0,75—1,1	0,55—0,75
25	0,5—1,0	0,55—1,7	0,5—1,0	25	0,6—0,9	0,35—0,6	0,85—1,2	0,6—0,8
30	0,6—1,1	0,95—1,9	0,58—1,15	30	0,65—1,0	0,4—0,65	0,95—1,3	0,65—0,9
35	0,6—1,2	1,05—2,1	0,63—1,25	35	0,7—1,1	0,4—0,7	1,05—1,5	0,7—1,0
40	0,7—1,3	1,15—2,3	0,7—1,35	40	0,7—1,1	0,45—0,8	1,15—1,7	0,8—1,2
45	0,7—1,4	1,5—2,4	0,75—1,45	45	0,75—1,2	—	1,25—1,9	0,9—1,3
50	0,8—1,5	1,3—2,6	0,8—1,55	50	0,8—1,3	—	1,35—2,0	0,9—1,4
60	0,8—1,6	1,45—2,9	0,9—1,75	60	0,8—1,3	—	1,4—2,1	1,0—1,5
70	0,9—1,8	1,6—3,2	1,0—1,9	70	0,9—1,4	—	1,5—2,2	1,1—1,6
80	1,0—2,0	1,7—3,4	1,1—2,0	80	1,0—1,5	—	1,6—2,4	1,1—1,7

Таблица А.9 – Значения C_v , m , z_v , x_v , y_v для определения скорости резания при обработке зенкерами из инструментальной стали

Обрабатываемый металл	C_v	z_v	m	x_v	y_v
Конструкционная углеродистая сталь	16,3	0,3	0,3	0,2	0,5
	14,6				
Серый чугун	18,8	0,2	0,125	0,1	0,4
	16,9				

Примечание — Значения C_v для зенкеров с хвостовком даны в числителе, а для пасадных зенкеров — в знаменателе.

Таблица А.10 – Поправочные коэффициенты на скорость резания при обработке стали зенкерами из инструментальной стали

1. K_{Mv} в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала											
Наименование обрабатываемого материала	Поправочный коэффициент K_{Mv} при механических свойствах стали										
	HВ	—	110—140	140—170	170—200	200—230	230—260	260—290	290—320	320—350	350—380
	$\sigma_b \times 10, \text{ МПа}$	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100	100—110	110—120	120—130
Автоматные, углеродистые, хромистые и хромоникелевые стали	—	1,74	1,39	1,16	1,0	0,88	0,78	0,71	0,65	0,6	0,55
Углеродистые инструментальные, марганцовистые, хромоникельвольфрамовые, хромомolibденовые и хромомарганцовистые стали	—	1,3	1,04	0,87	0,75	0,66	0,58	0,53	0,49	0,45	0,41
Примечания											
1 При работе без охлаждения скорость резания должна быть умножена на коэффициент 0,7.											
2 При использовании твердого сплава Т5К10 поправочный коэффициент равен 0,65.											
2. $K_{I\tau}$ в зависимости от глубины обрабатываемого отверстия											
Глубина отверстия в диаметрах до		3D	5D	8D	10D						
Поправочный коэффициент $K_{I\tau}$		1,0	0,85	0,75	0,60						

Таблица А.11 – Поддачи при развертывании цилиндрическими развертками из инструментальной стали

1. Ручные										
Обрабатываемый материал	Подача s (мм/об) при диаметре отверстия D , мм									
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80
Сталь с $\sigma_b < 800$ МПа	0,40	0,65	0,90	1,10	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4
Сталь с $\sigma_b > 800$ МПа	0,30	0,50	0,80	0,90	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Чугун с $HB < 200$, медные и алюминиевые сплавы	0,90	1,60	2,00	2,40	2,8	3,2	4,0	4,5	5,0	6,0
Чугун с $HB > 200$	0,60	1,00	1,30	1,60	1,8	2,1	2,5	2,9	3,4	4,0

2. Механические										
Диаметр отверстия, мм	Сталь			Чугун						
				$HB < 200$, медные и алюминиевые сплавы			$HB > 200$			
	Подача s , мм/об, при группах подач									
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
10	0,8	0,7	0,5	2,2	1,7	1,4	1,7	1,4	1,0	
15	0,9	0,8	0,6	2,4	1,9	1,5	1,9	1,5	1,2	
20	1,0	0,8	0,7	2,6	2,0	1,7	2,0	1,7	1,4	
25	1,1	0,9	0,8	2,9	2,2	1,9	2,2	1,9	1,5	
30	1,2	1,0	0,8	3,1	2,4	2,0	2,4	1,9	1,5	
35	1,3	1,0	0,9	3,2	2,6	2,0	2,6	2,0	1,5	
40	1,4	1,2	1,0	3,4	2,7	2,2	2,7	2,0	1,7	
50	1,5	1,4	1,2	3,8	2,9	2,6	3,1	2,2	1,9	
60	1,7	1,5	1,4	4,3	3,4	2,9	3,4	2,6	2,2	
80	2,0	1,7	1,5	5,1	4,2	3,4	3,8	2,7	2,6	
и более										

Выбор группы подач

I группа. Предварительное (черновое) развертывание под следующий чистовой проход разверткой.

II группа. Чистовое развертывание отверстий осуществляется в один проход по 9-й или 11-й квалификации или с чистотой поверхности по $R_a = 3,2$; $R_z = 1,6$. Развертывание отверстий под полирование или хонингование.

III группа. Чистовой проход производится после черного развертывания отверстий по 7-му качеству с чистотой поверхности по $R_a = 1,6$; $R_z = 0,8$.

Примечание — Подачи даны для обработки сквозных отверстий. При развертывании глухих отверстий, особенно с одновременной обработкой для отверстия, подачи принимают в пределах 0,2—0,5 мм/об.

Таблица А.12 – Значения C_v , m , z_v , x_v , y_v для определения скорости резания при обработке цилиндрическими развертками из инструментальной стали

Обрабатываемый металл	Коэффициент, показатели степеней				
	C_v	z_v	m	x_v	y_v
Конструкционная углеродистая сталь	12,1	0,3	0,4	0,2	0,65
Серый чугун	15,1	0,2	0,3	0,1	0,5
Ковкий чугун	23,2	0,2	0,3	0,1	0,5
Бронза	34,8	0,2	0,3	0,1	0,5

Таблица А.13 – Принятые средние периоды стойкости разверток из инструментальной стали

1. Обрабатываемый материал – углеродистая, хромистая хромоникелевая сталь.									
Диаметр развертки D , мм	2—5	6—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80
Стойкость T , мин	8	15	30	45	60	80	95	110	130
2. Обрабатываемый материал – серый, ковкий чугун.									
Диаметр развертки D , мм	2—5	6—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80
Стойкость, T , мин	12	20	35	60	80	100	120	145	170

Продолжение таблицы А.14

2. В зависимости от отношения фактической стойкости к нормальной											
$\frac{T_{\phi}}{T}$	0,25	0,5	1,0	2	4	6	8	10	12	18	24
Коэффициент $K_{T_v} = K_{T_n}$	1,74	1,32	1,0	0,76	0,57	0,49	0,43	0,40	0,37	0,31	0,28
3. В зависимости от отношения фактической глубины резания к нормативной											
Отношение $\frac{t_{\phi}}{t_n}$	0,5			1,0				2,0			
Коэффициент $K_{t_v} = K_{t_n}$	1,15			1,0				0,87			
4. В зависимости от марки материала инструмента											
Марка материала инструмента	P18						9XC				
Коэффициент $K_{u_v} = K_{u_n}$	1,0						0,85				

Таблица А.15 – Поправочные коэффициенты на скорость резания и число оборотов при обработке чугуна и медных сплавов цилиндрическими развертками из инструментальной стали

1. В зависимости от механических свойств обрабатываемого материала													
Обрабатываемый материал	Поправочный коэффициент $K_{\mu v} = K_{\mu n}$ при твердости НВ												
	60--70	70--80	80--90	105--125	125--145	145--165	165--185	185--205	205--225	225--245	245--265		
Серый чугун	—	—	—	—	—	—	1,15	1,0	0,88	0,79	0,71		
Ковкий чугун	—	—	—	2,2	1,77	1,48	1,26	1,1	—	—	—		
Медные сплавы	8,0	4,0	3,3	2,0	2,0	1,35	1,35	—	—	—	—		
2. В зависимости от отношения фактической стойкости к нормативной													
$\frac{T_{\phi}}{T}$	0,25	0,5	1,0	2	4	6	8	10	12	18	24		
Коэффициент $K_{T v} = K_{T n}$	1,51	1,23	1,0	0,81	0,66	0,58	0,53	0,50	0,47	0,42	0,39		
3. В зависимости от отношения фактической глубины резания к нормативной													
Отношение $\frac{t_{\phi}}{t_n}$				0,5					1,0				2,0
Коэффициент $K_{t v} = K_{t n}$				1,08					1,0				0,93
4. В зависимости от марки материала инструмента													
Марка материала инструмента							P18						9XC
Коэффициент $K_{\mu v} = K_{\mu n}$							1,0						0,6

Таблица А.16 – Развертывание отверстий коническими развертками из инструментальных сталей

I. Выбор подачи					
Диаметр отверстия D , мм	Подача s , мм/об				
	При развертывании стали		При развертывании чугуна		
	предварительном	окончательном	предварительном	окончательном	
5	0,08	0,05	0,08	0,08	
10	0,10	0,08	0,15	0,10	
15	0,15	0,10	0,20	0,15	
20	0,20	0,13	0,25	0,18	
30	0,30	0,18	0,35	0,25	
40	0,35	0,22	0,40	0,30	
50	0,40	0,25	0,50	0,40	
60	0,50	0,30	0,60	0,45	

II. Скорость резания v , м/мин					
Развертывание	Скорость резания v , м/мин				
	Конструкционные стали с $\sigma_b \geq 10$, МПа			Инструментальные стали	Чугун
	до 60	60—90	св. 90		
Предварительное	8—10	6—8	5—6	5—6	8—10
Окончательное	6—8	4—6	3—4	3—4	5—6

Примечания

- 1 При работе развертками из сталей марки 9ХС скорости резания необходимо умножать на коэффициент 0,6.
- 2 При развертывании чугуна охлаждения не требуется.

Таблица А.17 – Развертывание отверстий твердосплавными развертками

І. Выбор подачи				
Обрабатываемый материал	Подача s , мм/об. при диаметре развертки D , мм			
	10—20	21—40	41—60	св. 60
Конструкционные углеродистые стали	0,8—1,2	1,0—1,3	1,0—1,5	1,5—2,0
Ковкий и серый чугун	1,0—2,0	2,0—2,5	2,0—3,0	3,0—5,0
ІІ. Скорость резания v, м/мин				
Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Шероховатость поверхности, Ra	Диаметр развертки, мм	Скорость резания, м/мин
Конструкционные углеродистые стали	Т15К6	3,2—1,6	—	60—80
		0,8—0,2	<20	15
			>20	10
Серый и ковкий чугун	ВК8 ВК6 ВК4	1,6—0,8	—	60—80
П р и м е ч а н и е. При развертывании стали необходимо охлаждение.				
Тип развертки				
Развертки			Диаметр D , мм	
С напаянными пластинками: с цилиндрическим хвостовиком с коническим хвостовиком насадные			6—9	
			10—32	
			34—50	
Сборные регулируемые			50—100	

Таблица А.18 – Режимы резания при нарезании резьбы метчиками

Диаметр резьбы d , мм	Шаг резьбы S , мм	Тип метчика и материал инструмента						
		Гаечный из быстрорежущей стали			Машинный из быстрорежущей стали			
		Обрабатываемый материал						
		Сталь						Чугун
углеродистая $\sigma_d \leq 800$, МПа	хромистая и хромоникелевая $\sigma_d \leq 800$, МПа	жаропрочная	углеродистая $\sigma_d > 800$, МПа	хромистая и хромоникелевая $\sigma_d > 800$, МПа	жаропрочная	Серый		
Скорость резания v , м/мин								
5	0,5	12,5	11,3	5,3	4,4	8,5	—	10,2
	0,8				6,3	5,7	4,9	6,8
6	0,75	15,0	13,5	6,4	8,3	7,5	6,3	8,9
	1,0				6,4	5,8	4,9	6,9
8	1,0	20,0	18,0	8,5	9,0	8,2	6,9	9,8
	1,25				7,4	6,7	5,7	8,0
10	1,0	25,0	22,5	10,6	11,8	10,7	9,1	12,8
	1,5				8,2	7,4	6,3	8,9
12	1,25	26,6	24,0	11,8	12,0	10,8	9,2	12,1
	1,75	23,4	21,1	10	8,9	8,0	6,8	9,6
14	1,5	27,4	24,7	—	12,6	11,3	—	12,5
	2,0	23,7	21,4	—	9,7	8,7	—	10,2
16	1,5	29,4	26,4	—	15,1	13,6	—	15,5
	2,0	25,4	22,9	—	11,7	10,5	—	12,0
20	1,5	33,2	29,4	—	19,3	17,3	—	20,3
	2,0	28,4	25,5	—	14,9	13,4	—	15,7
	2,5	25,8	22,6	—	12,1	10,9	—	12,8
24	1,5	35,8	32,1	—	24,0	21,6	—	25,2
	2,0	31,1	27,9	—	18,6	16,7	—	19,5
	2,5	27,8	24,8	—	15,1	13,6	—	15,9

Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от качества резьбы

Тип метчика	Обрабатываемый материал	Квалитет	
		5-6	6-7
Гаечные и машинные	Сталь и алюминиевые сплавы	0,8	1,0
	Смалян	1,3	1,65
	Дюралюминий и электрон	0,77	1,0
	Сталь и чугун	0,8	1,0

Таблица А.19 – Величина врезания и перебега при сверлении в сплошном материале

Диаметр сверла D , мм	Угол при вершине 2φ , град					Величина перебега при сверлении на проход l_2 , мм
	90	116—118	125	130	140	
	При обработке					
	вбонита, целлулонода	стали, чугуна и твердой бронзы	красной меди	латуни, мягкой бронзы	алюминия, дюралюминия, электрона, слюды, баббита	
	Величина врезания l_1 , мм					
	$l_1=0,5D$	$l_1=0,31D$	$l_1=0,26D$	$l_1=0,23D$	$l_1=0,18D$	
2	1,0	0,62	0,52	0,46	0,36	0,5
3	1,5	0,93	0,78	0,69	0,54	0,5
4	2,0	1,2	1,0	0,92	0,72	1,0
5	2,5	1,5	1,3	1,2	0,90	1,0
6	3,0	1,9	1,6	1,4	1,1	1,0
8	4,0	2,5	2,1	1,8	1,4	1,0
10	5,0	3,1	2,6	2,3	1,8	1,5
12	6,0	3,7	3,1	2,8	2,2	1,5
14	7,0	4,3	3,6	3,2	2,5	1,5
16	8,0	5,0	4,2	3,7	2,9	1,5
18	9,0	5,6	4,7	4,1	3,2	2,0
20	10,0	6,2	5,2	4,6	3,6	2,0
22	11,0	6,8	5,7	5,1	4,0	2,0
24	12,0	7,4	6,2	5,5	4,3	2,0
26	13,0	8,1	6,8	6,0	4,7	2,0
28	14,0	8,7	7,3	6,4	5,0	2,5
30	15,0	9,3	7,8	6,9	5,4	2,5
32	16,0	10,0	8,3	7,4	5,8	2,5
34	17,0	10,6	8,8	7,8	6,1	2,5
36	18,0	11,2	9,3	8,3	6,5	2,5
38	19,0	11,8	9,9	8,7	6,8	3,0
40	20,0	12,4	10,4	9,2	7,2	3,0
45	22,5	14,0	11,7	10,3	8,1	3,0
50	25,0	15,5	13,0	11,5	9,0	3,0
55	27,5	17,0	14,5	12,7	9,9	3,0
60	30,0	18,6	15,6	13,8	10,8	3,0

Примечания:

1. Чтобы сверло свободно подходило к обрабатываемой поверхности с рабочей подачей, величину врезания l_1 увеличивают на 0,5—2 мм.
2. При сверлении в упор величина перебега $l_2=0$.
3. При работе сверлами с двойной заточкой величину врезания увеличивают на 1—4 мм в зависимости от диаметра сверла.

Таблица А.20 – Величина врезания и перебега при рассверливании

Глубина резания	Угол при вершине 2φ , град					Величина перебега при рас- сверлива- нии на проход l_2 мм
	90	116–118	125	130	140	
	При обработке					
	вбонита, целлулон- да	стали, чу- гуна, твер- дой брон- зы	красной меди	латуни, мягкой бронзы	алюминия, дюралюми- ния, силу- мина, элект- рова, баб- бита	
	Величина врезания l_1 , мм					
	$l_1 = t \cdot 1$	$l_1 = t \cdot 0,61$	$l_1 = t \cdot 0,52$	$l_1 = t \cdot 0,47$	$l_1 = t \cdot 0,36$	
2	2	1,2	1,04	0,94	0,72	1
3	3	1,8	1,6	1,4	1,1	1
4	4	2,4	2,1	1,9	1,4	1
5	5	3,1	2,6	2,3	1,8	2
6	6	3,6	3,1	2,8	2,2	2
8	8	4,9	4,2	3,8	2,9	2
10	10	6,1	5,2	4,7	3,6	2
12	12	7,3	6,2	5,6	4,3	2
14	14	8,5	7,3	6,6	5,0	3
16	16	9,7	8,3	7,5	5,8	3
18	18	11,0	9,4	8,5	6,5	3
20	20	12,2	10,4	9,4	7,2	3
25	25	15,4	13,0	11,7	9,0	3

Примечания:
 1. Чтобы сверло свободно подходило к обрабатываемой поверхности с рабочей подачей, величину врезания l_1 увеличивают на 0,5–2 мм.
 2. При рассверливании в упор величина перебега $l_2 = 0$.

Таблица А.21 – Величина врезания и перебега при зенкеровании и развертывании

Глубина резания	Величина врезания l_1 , мм, при главном угле в плане φ , град								Величина перебега l_2 при		
	3	5	12	15	30	45	60	75	диаметре инструмента D , мм	работе	
										зенкером	разверткой
0,05	0,95	0,57	0,24	0,19	—	0,05	—	—	5	1,0	0,3—0,5 длины калибрующей части развертки
0,10	1,90	1,10	0,47	0,37	—	0,10	—	—	6	1,0	
0,125	2,40	1,40	0,59	0,48	—	0,125	—	—	8	1,0	
0,15	2,90	1,70	0,71	0,56	—	0,15	—	—	10	1,5	
0,20	3,80	2,30	0,95	0,75	—	0,20	—	—	12	1,5	
0,25	4,80	2,90	1,20	0,92	—	0,25	—	—	14	1,5	
0,30	5,70	3,40	1,40	1,10	—	0,30	—	—	16	1,5	
0,40	—	—	—	—	—	0,40	—	—	18	2,0	
0,50	—	—	—	—	0,87	0,50	0,29	0,13	20	2,0	
0,60	—	—	—	—	1,00	0,60	0,35	0,16	25	2,0	
0,70	—	—	—	—	1,20	0,70	0,40	0,19	30	2,5	
0,80	—	—	—	—	1,40	0,80	0,46	0,21	35	2,5	
0,90	—	—	—	—	1,60	0,90	0,52	0,24	40	3,0	
1,00	—	—	—	—	1,70	1,00	0,58	0,27	45	3,0	
1,50	—	—	—	—	2,60	1,50	0,87	0,40	50	3,0	
2,00	—	—	—	—	3,50	2,00	1,20	0,54	55	3,0	
2,50	—	—	—	—	4,30	2,50	1,40	0,67	60	3,0	
3,00	—	—	—	—	5,20	3,00	1,70	0,81	65	4,0	
4,00	—	—	—	—	6,90	4,00	2,30	1,10	70	4,0	
									80	4,0	
									90	4,0	
									100	4,0	

Примечания:

1 Чтобы инструмент свободно подходил к обрабатываемой поверхности с рабочей подачей, величину врезания l_1 увеличивают на 0,5–2 мм.

2 При обработке отверстия в упор величина перебега $l_2=0$.