

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства

Кафедра "Санитарно-технические системы"

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технические системы»
« 12 » января 2021 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

учебной дисциплины (модуля)
Механизация и автоматизация производства
систем теплогазоснабжения и вентиляции

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки
08.03.01 – "Строительство"

с профилем
"Теплогазоснабжение и вентиляция"

Форма(ы) обучения: *очная, заочная, очно-заочная*

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-06-21

Тула 2021 год

Методические указания по практическим работам составлены доцентом В.Ф. Рожковым и обсуждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы»

протокол № 6 от « 12 » 01 2021 г.

Зав. кафедрой _____ Р.А. Ковалев

Методические указания по практическим работам пересмотрены и утверждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы»

протокол № _____ от « » _____ 20 г.

Зав. кафедрой _____ Р.А. Ковалев

Цели и задачи практических занятий

Основная цель практических занятий и учебно-методических рекомендаций к ним заключается в развитии у студентов практических навыков применения теоретических сведений к решению конкретных задач технического характера в области "Механизации и автоматизации производства систем теплогазоснабжения и вентиляции". Учебно-методические рекомендации содержат 9 практических занятий с достаточной полнотой охватывающих все основные разделы дисциплины.

При разработке учебно-методических рекомендаций ставилась задача добиться широкого тематического разнообразия, индивидуализации и нестандартности в изложении материала. В приводимых примерах решения ряда задач используются методы, позволяющие наглядно анализировать влияние различных факторов на конечные результаты.

В учебно-методических рекомендациях к каждому практическому занятию содержатся теоретические сведения, необходимые для более глубокого освоения темы. При необходимости преподаватель дополнительно поясняет наиболее сложные вопросы.

В течение заключительных 15-20 минут преподаватель осуществляет контроль результатов изучения темы каждым студентом. В целом цикл практических занятий оценивается положительно, если студент правильно ответил не менее, чем 75 % вопросов, заданных преподавателем.

Если студент пропустил практическое занятие, то соответствующие темы должны быть проработаны им вне расписания занятий.

Содержание практических занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы практических занятий
<i>7 семестр</i>	
1	Определение и общие принципы механизации и автоматизации технологических процессов в системах ТГВ
2	Подготовка и сборка трубопроводов в системах ТГВ
3	Техника и технология сборки и защиты трубопроводов от коррозии
4	Средства механизации строительно-монтажных работ (ручные машины и установки)
5	Основы расчетов и выбора основного оборудования механизмов подъема грузоподъемных машин и установок
6	Оборудование для земляных и планировочных работ при сооружении систем ТГВ
7	Монтажные краны, автовышки, автогидроподъемники и автопогрузчики

Заочная форма обучения

№ п/п	Темы практических занятий
<i>7 семестр</i>	
1	Определение и общие принципы механизации и автоматизации технологических процессов в системах ТГВ
2	Подготовка и сборка трубопроводов в системах ТГВ

Заочная сокращенная форма обучения

№ п/п	Темы практических занятий
<i>4 семестр</i>	
1	Определение и общие принципы механизации и автоматизации технологических процессов в системах ТГВ
2	Подготовка и сборка трубопроводов в системах ТГВ

Отчёт о проделанной работе

Отчёт о проделанной работе оформляется индивидуально каждым студентом в тетради в следующей последовательности:

Наименование работы.

Цель выполняемой работы.

Исходные данные к работе расчётного характера.

Расчётная часть или принципиальные схемы систем или оборудования (изображаются от руки ручкой или карандашом) с определением некоторых их характеристик.

Вывод по результатам работы.

Каждая выполненная и оформленная работа завершается её устной защитой, на которой студент должен проявить знания по соответствующему теоретическому и практическому разделу изучаемой дисциплины и получить зачёт по данной работе.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТГВ

Санитарно технические системы и оборудование зданий имеет огромное значение в быту и для нормальной работы промышленных предприятий. Объём монтаж работ и стоимость санитарно-технических систем и оборудования занимает значительную долю в строительстве.

Повышение качества и снижение себестоимости санитарно-технических работ во многом зависит от подготовки специалистов и умением ими руководить работой слесарей-сантехников, монтажников санитарно-технических систем и оборудования при выполнении обще слесарных работ для промышленных заготовок систем. Инженер должен разбираться в вопросах связи внутренних инженерных систем со строительными конструкциями зданий, как в заготовительной и монтажной, так и в эксплуатационной фазах производства, знать условия механизации работ, понимать технологию домостроительных предприятий.

1.1 Основы автоматизации производственных процессов

Общие сведения. Во многих отраслях народного хозяйства нагрузки на человека достигли таких пределов, что потребовалась передача ряда его функций автоматам и ЭВМ.

Автоматизировать можно в принципе любой процесс, но без определенных предпосылок, без соединения с передовой технологией невозможно добиться высокого хозяйственного эффекта.

В ходе автоматизации затрагивается множество, казалось бы, несвязанных проблем; Для своей реализации автоматизация требует технического, математического, организационного, информационного и правового обеспечения.

Значение автоматического управления производственными процессами. Автоматизация производственных процессов создает определенные технико-экономические преимущества во всех отраслях современного народного хозяйства страны.

В первую очередь изменяются характер и условия труда на производстве. Сокращаются до минимума трудовые затраты человека, снижается психологическая нагрузка, на его долю остаются лишь функции по перенастройке автоматических систем на новые режимы и участие в ремонтно-наладочных работах. Уменьшается число обслуживающего персонала и затраты на его содержание.

С внедрением средств автоматизации неизбежно повышается производительность труда. За последние сто лет производительность труда возросла более чем в 17 раз, при этом доля механизированного труда с 6 % увеличилась до 96 %. Значительный подъём материального и культурного уровня жизни народа, увеличение национального дохода осуществляются за счет повышения производительности труда. Внедрение автоматизации в различных отраслях промышленности дает повышение производительности труда в среднем в 2...2,5 раза.

В результате автоматизации снижается себестоимость изделий, увеличивается выпуск продукции, повышается ее качество, уменьшаются брак и отходы производства, сокращаются расходы на заработную плату, сырье, материалы и т.п. При этом решающим фактором является снижение расхода топлива, тепловой и электрической энергии, что весьма характерно для систем ТГВ. Использование средств автоматизации увеличивает надежность оборудования, точность производства и безопасность труда. Появляется возможность использовать высокоэффективные технологические процессы и устройства, характер применения которых исключает участие человека (ядерная энергетика, химическое производство и т.п.).

Но, пожалуй, главным является то, что автоматизация повышает эффективность и упорядоченность производства. Процесс управления противостоит неупорядоченности и в этом отношении использование автоматики решающим образом стабилизирует производство.

Внедрение автоматизации приносит и косвенный эффект, так как увеличение производительности оборудования, экономия ресурсов эквивалентны строительству добавочных производственных мощностей. Экономия рабочей силы позволяет более рационально использовать

трудовые ресурсы, а улучшение качества продукции способствует экономии топлива, энергии, материалов и т.д. Важнейший вопрос автоматизации - установление ее рационального уровня и объема, которые должны быть тщательно экономически обоснованы, и определение методов и средств автоматизации. Автоматизация является наиболее экономически выгодным мероприятием и окупается в среднем за 1 ... 1,5 года.

Условия, аспекты и ступени автоматизации. Сама по себе автоматизация не может обеспечить желаемый технико-экономический эффект, если к этому не будет определенных предпосылок. Прежде всего, должна быть определена технико-экономическая польза от самостоятельной работы автоматизированных установок. Далеко не всякий технологический процесс и не все операции следует автоматизировать. Автоматизация - не механическая замена ручного труда, поэтому одним из важнейших условий является наличие передовой технологии, непрерывности производства, конструкций, отвечающих требованиям автоматизации. Поэтому не следует усложнять алгоритмы и систему управления, превышая экономически обоснованный уровень. Необходимо стремиться к равномерности автоматизации на отдельных участках производства и в целом (известна автоматическая поточная линия, срок окупаемости которой составляет 86 лет). Большой эффективности автоматизации способствуют также централизация, специализация и массовость производства, научно обоснованная стандартизация и унификация изделий и оборудования.

В объектах автоматизации необходимо обеспечить возможность измерения определяющих технологический процесс величин и разумные пределы их изменения.

Одним из важнейших условий автоматизации является наличие высококвалифицированного обслуживающего персонала.

Автоматизация - сложный процесс, при рассмотрении которого можно выделить ряд аспектов: технические, научные, экономические, социальные, эргономические, экологические.

Технический аспект проявляется в том, что автоматизация способствует совершенствованию орудий и методов труда, появлению новых технологических процессов, приборов, аппаратов. Развитие автоматизации привело к возникновению новых отраслей науки, связанных с космической и вычислительной техникой, лазерами, молекулярной электроникой и т. д.

Экономический аспект определяется комплексно ростом производительности труда, экономией ресурсов, рабочей силы, улучшением качества продукции за счет оптимального управления производством.

Социальный аспект помимо основного фактора - улучшения условий труда - характеризуется высвобождением времени, что создает благоприятные условия для разностороннего применения способностей людей, повышения профессионального мастерства, роста культуры. Взаимодействие человека и машины на разных уровнях управления далеко не всегда соответствует нормативным требованиям. Выступает на передний план психологическая совместимость человека с машинами, приборами, аппаратами, влияние напряженности в нормальных и особенно экстремальных условиях (эргономический аспект).

В экологическом аспекте автоматизация систем ТГВ призвана сыграть решающую роль при обеспечении полноты сжигания топлива, для предотвращения вредных выбросов в атмосферу, утечек теплоносителя, снижения тепловпотерь, шума установок, а в ближайшее время и при эксплуатации атомных теплоцентралей.

Эволюция автоматизации связана с тремя четко определившимися ступенями.

Ручной (операторный) труд характеризуется максимальной физической и психологической нагрузкой на человека, минимальной производительностью труда. Механизация способствует внедрению машин в производственные операции, связанные с высокими затратами физического труда, оставляя человеку функции управления и контроля. Автоматизация полностью разгружает человека от физической работы и функций управления производственными процессами, передавая их ТСА. За человеком остаются лишь функции наладки, настройки и наблюдения за работой машин и ТСА.

Автоматизация строительных машин заключается в применении технических средств и систем управления, освобождающих человека-оператора (полностью или частично) от непосредственного участия в процессах управления работой машины или комплектов машин. Раз-

витие автоматических систем управления обусловлено необходимостью обеспечения более высоких скоростей и усилий управления развивающейся техникой, значительно превышающих физические возможности человека; повышения технико-экономических показателей и обеспечения наилучших (оптимальных) режимов работы; снижения утомляемости операторов и, как следствие, повышения надежности их работы и снижения аварийности; создания новых средств управления рабочими процессами в условиях, опасных для жизни и здоровья человека или недоступных для него.

Управление любым техническим объектом (машиной, ее частью, комплектом машин, технологическим процессом и т.п.) состоит из контроля его фактического состояния и регулирования.

В *системе автоматического управления (САУ)* все эти процессы выполняются без участия человека (оператора) по специальным программам. Управление заключается в формировании управляющих воздействий, обеспечивающих требуемое состояние или режим работы объекта управления, а также в их реализации.

Автоматический контроль заключается в автоматическом получении информации о состоянии объекта или характере протекания технологического процесса, либо о наступлении их предельных значений, установленных нормативно-технической документацией.

Автоматическое регулирование является разновидностью автоматического управления. Оно заключается в поддержании постоянства или изменения по требуемому закону некоторой физической величины, характеризующей управляемый процесс. Регулирование обеспечивается *системой автоматического регулирования (САР)*.

По характеру алгоритма управления (набора правил, по которым изменяется управляющее воздействие) различают системы управления по разомкнутому (без обратной связи) и замкнутому циклу (с обратной связью), а также комбинированные.

В *системах разомкнутого цикла* (рисунок 1.1,а) задающее воздействие X подается от программного устройства на управляющее устройство УУ, которое обрабатывает данные протекания процесса и при помощи исполнительного органа воздействует (УВ – управляющее воздействие) на объект управления ОУ.

Результатом являются выходные параметры Y , которые характеризуют текущее состояние объекта управления. Последние претерпевают непланируемые изменения из-за воздействия на объект управления внешних возмущений (*помех*) F управления вследствие взаимодействия рабочих органов строительных машин с рабочей средой, двигателей с дорогой и зависящих от характеристики приводов. Разомкнутые САУ применяют при отсутствии влияния неконтролируемых возмущений. Они служат для стабилизации программного управления, а также для дистанционного управления (управления на расстоянии), но без применения корректирующих воздействий.

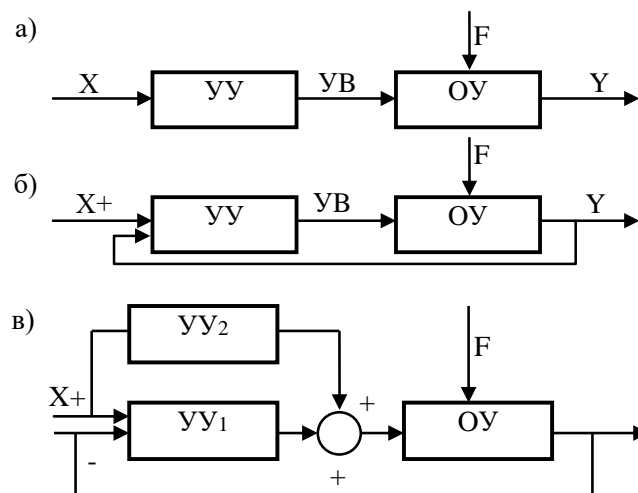


Рисунок 1.1. Схемы автоматического управления

В *системах замкнутого цикла* (рисунок 1.1,б) на управляющее устройство по обратной связи поступает информация об отклонении выходной величины Y от заданного значения, что

позволяет сформировать управляющее воздействие, возвращающее величину Y в заданном положении.

В *комбинированных системах* (рисунок 1.1,в) используются схемы как с обратной связью (управляющее устройство УУ₁), так и без неё (управляющее устройство УУ₂).

По **назначению** различают системы автоматической стабилизации, программного управления, следящие и самонастраивающиеся системы.

В *системах автоматической стабилизации* управляющее (регулирующее) воздействие формируется в результате сравнения действительного значения регулируемой величины с заданным алгоритмом. Эти системы обычно состоят из системы автоматического измерения, которая может быть частью системы автоматического контроля, и внутризамкнутой САУ. Система автоматического измерения включает датчик (чувствительный элемент и элемент преобразования), усилители, линию связи и измерительный прибор, а система автоматического контроля, кроме того - задающий элемент и элемент сравнения. Схема автоматической системы стабилизации показана на рисунке 1.2. Состояние объекта управления ОУ, выраженное признаком или параметром a , воспринимается датчиком Д1 и, преобразованное в удобную форму a_1 подается на промежуточный элемент ПР1 для усиления и преобразования в регистрируемый сигнал a_2 . Этот сигнал, вместе с сигналом сравнения a_2 от задатчика ЗУ, подается на блок сравнения СР, который формирует сигнал рассогласования $C = \pm a = a_2 - a'_2$. Последний поступает в промежуточный элемент ПР2, формирующий сигнал C_1 для исполнительного элемента ИУ, воздействующего сигналом C_2 на объект управления, не позволяя ему выйти за установленные пределы при внешнем воздействии ВВ.

В следящей САУ совместно с задатчиком ЗУ устанавливают датчик Д2, который непрерывно измеряет переменную величину a''_2 и в соответствии с ее значением пропорционально изменяет величину a , воспринимаемую датчиком Д1.

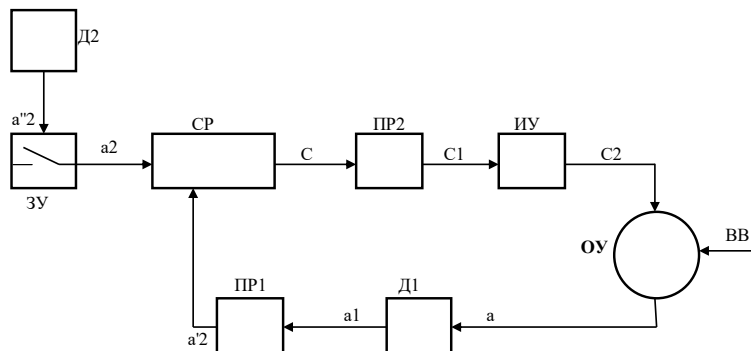


Рисунок 1.2. Функциональная схема системы стабилизации

Упрощенная схема замкнутой *системы программного управления* представлена на рисунке 1.3. В отличие от рассмотренной выше схемы (см. рисунок 1.2) задатчик программы ЗП подает сигнал C_p на блок управления по определенной программе, которая должна обеспечить с учетом влияния внешней среды ВС на объект ОУ заданную траекторию протекания выходного процесса ВП. Для этого информация о состоянии ВС и траектория протекания ВП по линии обратной связи (ОС) поступает на блок сравнения СР, формирующий управляющие воздействия.

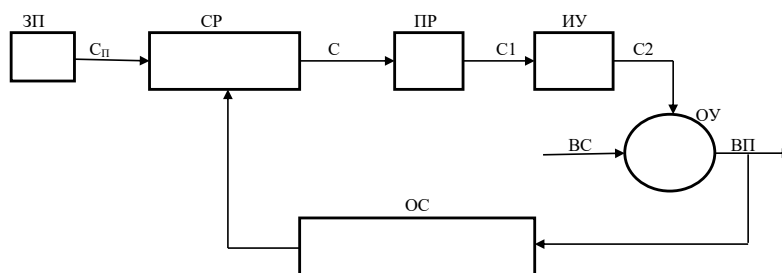


Рисунок 1.3. Функциональная схема программной САУ с обратной связью.

Самонастраивающиеся системы управления решают задачи значительно более сложные и

разнообразные, чем задачи программам систем.

Первая задача таких систем - поддержание экстремума управляемой величины. Для этой цели на объект подают пробные воздействия со стороны управления, анализируют знак изменения управляемой величины и по результатам этого анализа делают управляющее воздействие, приближающее режим к точке экстремума. Устройства, обеспечивающие режим работы управляемого объекта, близкий к оптимальному, называют *автоматическими оптимизаторами* или *экстремальными регуляторами*.

Работа самонастраивающейся системы представлена графиком (рисунок 1.4) изменения выходной величины ω в функции входного сигнала u [$\omega = f(u)$]. Пусть первоначально рабочей точкой характеристики $\omega = f(u)$ будет точка А или В, не совпадающая с точкой максимума С. При этом неизвестно, на какой из этих точек работает объект управления. Пробным воздействием изменяют входной сигнал, дав ему положительное приращение Δu и установив специальным датчиком знак соответствующего ему приращения выходной величины ω . Если ω положительно, то рабочей является точка А, и для приближения к максимуму в дальнейшем входному сигналу u следует давать положительные приращения и наоборот при отрицательном ω входному сигналу u следует давать отрицательные приращения.

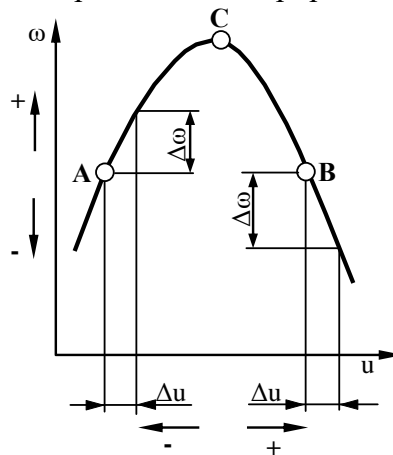


Рисунок 1.4. Условная характеристика рабочего процесса

Вторая задача самонастройки - поддержание оптимальной работа системы регулирования по критерию максимального ее быстродействия. В этом случае показатель экстремума является время, в течение которого система приходит в соответствие с изменением условия регулирования. Это время анализируется специальным устройством самонастройки, которое изменяет параметры регулятора так, чтобы время регулирования было минимальным.

В сложных, не имеющих математического описания системах со многими неконтролируемыми воздействиями, для нахождению оптимального условия работы необходимо запоминать различные режимы управления, учиться управлять. Это осуществляется *самообучающимися САУ*. В зависимости от значений входных и выходных величин автомат выбирает из памяти системы соответствующие значениям управляющих воздействий.

1.2 Основные понятия и определения

Степень автоматизации технологических процессов имеет три уровня в зависимости от доли участия человека-оператора в управлении.

Уровень автоматизации оценивают коэффициентом

$$K_a = \frac{1}{1 + \frac{\sum t_H^i}{\sum t_a^j}}$$

где t_H^i - среднее время по множеству i ($i = 1, 2, \dots, n$) операций, затрачиваемое на неавтоматические операции (включая управление); t_a^j - то же, но затрачиваемое на автоматическое выполнение операций по множеству j ($j=1, 2, \dots, m$).

Процесс называют автоматическим, если $K_a \geq 0,98$; при $0,98 > K_a > 0,5$ процесс автоматизи-

рованный; если $K_a < 0,5$, то технологический процесс имеет низкий уровень

Автоматизация по сравнению с вышеуказанными высоким и средним, приближаясь к операторному (ручному) управлению.

К первой относят физические, в том числе тепловые, гидроаэродинамические, химические и процессы, в которых переменные изменяются во времени непрерывно. Математической моделью таких процессов являются дифференциальные уравнения и их системы. В процессах второй категории команды выполняются в определенной последовательности в зависимости от реализации предыдущей команды. Обычно это операции типа "открыть - закрыть", "больше - меньше", "вход - выход", реализуемые в процессах пуска и останова механизмов, насосов, турбин и некоторых технологических процессах. Математической моделью служат булевы уравнения алгебраической логики и матрицы последовательности операций. При автоматизации процессов третьей категории ставится задача управления пространственным перемещением объектов и контроля изменения их состояния. Это транспортные операции, производственные процессы, связанные с движением материалов и изделий, с процессами хранения. Здесь нельзя обойтись без управляющих вычислительных машин и роботов.

Большинство процессов, автоматизируемых в системах ТГВ, относится к первой категории, характеризующейся относительной простотой технических решений.

Кроме того, встречается разделение производственных процессов на производство продукции потоком (в жидком, твердом, газообразном виде) и штучное производство.

Можно обобщить основные виды управления производственными процессами: начать или прекратить процесс (пуск - выключение); изменить его направление или последовательность операций (сопряженные процессы); повлиять на режим процесса.

Проектирование установки или технологии и их автоматизация - два процесса, взаимно дополняющие друг друга.

1.3 Технологические процессы и машины как объекты автоматизации строительства

Технологический процесс (ТП) - это совокупность выполнения каких-либо технологических операций, при которых происходит его качественное изменение.

Объект управления (ОУ) в строительстве (технологический процесс, строительная машина, оборудование, агрегат и др.) называется автоматизированным, если он выполняет свои основные функции самостоятельно с помощью системы автоматического управления (САУ) и исполнительных регулирующих устройств под контролем человека-оператора.

В ходе технологического процесса в силу различных причин значение параметров объекта управления может изменяться, вызывая отклонения от нормального режима. Нарушенный режим должен быть восстановлен и поддерживаться около заданного значения. Эту задачу выполняет система автоматического регулирования (САР).

Чтобы эффективно управлять строительным процессом, необходим постоянный его контроль. Эту задачу решает система автоматического контроля (САК). Задачей этой системы является количественная оценка параметра процесса, то есть определение значения той или иной физической величины, характеризующей процесс, при помощи контрольно-измерительных приборов.

Автоматизация строительных технологических процессов и машин с применением средств вычислительной техники называется алгоритмическим управлением. При таком управлении микропроцессор или ЭВМ с помощью своих программных средств анализирует параметры объекта управления и формирует необходимые управляющие воздействия, если эти параметры отклоняются от заданных значений.

Разработке САУ должно предшествовать изучение (исследование) объекта управления.

В общем случае воздействие на объект может быть управляющим- F_p (регулируемым) или внешним, возмущающим - F_v . Воздействие F_p используется оператором в результате операций управления, которые стремятся приблизить процесс к заданному режиму работы. При внешних возмущениях F_v процесс удаляется от заданного значения, что приводит к нарушению установившегося режима.

1.4 Характеристика технологических процессов

Технологические процессы разделяют на три категории: непрерывные, состоящие из отдельных операций и связанные с пространственным перемещением объекта.

Особенности автоматизации систем ТГВ. Функционирование систем ТГВ направлено главным образом на обеспечение оптимальной жизнедеятельности человеческого организма. Таким образом, средства автоматизации в первую очередь должны способствовать созданию комфортных условий жизни и труда человека, предусмотренных нормативными документами.

Системы ТГВ являются крупнейшими потребителями топлива, тепловой и электрической энергии. До 30 % добываемого топлива расходуется на производство низкопотенциальной теплоты, а на привод насосов и вентиляторов общепромышленного назначения тратится свыше 10 % электроэнергетического ресурса страны. Роль автоматизации сжигания топлива, тепловых режимов первостепенна (при снижении на 1 % расхода топлива экономится около 2 млрд. руб. в год).

Важной особенностью систем ТГВ является большая их протяженность, что требует использования систем телемеханики и диспетчеризации.

Многие системы ТГВ являются неотделимой составляющей оборудования технологических процессов. Например, местные отсосы в станках; СКВ связываются с технологией производства средств микроэлектроники, медикаментов; системы газоснабжения - с закалочными и обжигowymi печами, сушилками и т. д.

Специфика технологических процессов в системах ТГВ часто характеризуется относительно невысокими требованиями к точности поддержания технологических параметров (например, температуры воздуха - $\pm 2^{\circ}\text{C}$, влажности - $\pm 10...20\%$ и т.п.) Это позволяет применять более простые и недорогие ТСА, а иногда и отказываться от них, используя способность объектов к саморегулированию.

Системы ТГВ широко распространены в народном хозяйстве, поэтому особую остроту приобретают вопросы эксплуатации ТСА. Квалификация обслуживающего персонала еще не в полной мере отвечает тем требованиям, которые предъявляют устройства автоматики, что в ряде случаев является тормозом к их внедрению. Необходимо обеспечить простоту и повышенную надежность ТСА, эксплуатация которых часто происходит при неблагоприятных условиях внешней среды и нерегулярном обслуживании.

1.5 Общие принципы построения и функционирования автоматических систем управления машинами и технологическими процессами

Основные понятия и требования к машинам. Любая машина представляет собой устройство, совершающее полезную работу с преобразованием одного вида энергии в другой. Она состоит из ряда механизмов различного назначения, объединённых общим корпусом, рамой или станиной.

Основные требования, характеризующие одновременно качество машины (это способность машины удовлетворять определённым потребностям, связанным с их назначением), можно представить рядом показателей:

1) назначение – характеризуется свойствами машины, определяющие основные функции обуславливающие область их применения. К этой группе относятся следующие показатели:

- *классификационные*, определяющие один или несколько основных параметров (передаточное число редуктора, вместимость ковша экскаватора, скрепера, грузоподъемность кранов, размеры отвала бульдозера и т.п.);
- *функциональные и технической эффективности* (обеспечение максимально возможной производительности при работе в любую погоду, любое время суток и года, минимальной стоимости единицы продукции при работе в конкретных производственных условиях), а также качества выполняемой работы;
- *конструктивные*, определяющие основные проектно-конструкторские решения машины (габаритные и присоединительные размеры; рабочее давление в гидросистеме; мощность

привода; усилие на рабочем органе; скорости рабочих органов; ширина, глубина и радиус действия; тип ходового устройства и привода; наличие элементов автоматики; приспособленность к меняющимся условиям эксплуатации; возможность работать в стесненных условиях; достаточно высокая маневренность, проходимость, мобильность и устойчивость; минимальная масса; простота и прочность конструкции, легкость ее технического обслуживания и ремонта).

- *маневренность* - способность машины передвигаться и разворачиваться с минимальным радиусом поворота в стесненных условиях стройплощадок и при транспортировании.
- *проходимость* - способность машины преодолевать различные неровности местности, небольшие водные преграды, двигаться по грунтам со слабой несущей способностью и снежному покрову. Она характеризуется видом ходового оборудования, силой тяги, удельным давлением на опорную поверхность (грунт, дорожное покрытие), величиной дорожного просвета (расстоянием от нижней точки машины до опорной поверхности), а у колесных машин радиусами продольной и поперечной проходимости.
- *мобильность* - способность машины к достаточно быстрому перемещению с объекта на объект с минимальной трудоемкостью перевода ее из транспортного положения в рабочее и обратно.
- *устойчивость* - способность машины противостоять действию сил, стремящихся опрокинуть ее при рабочем процессе и перемещениях на подъемах, спусках и косогорах.

2) надежность характеризует общее свойство машины сохранять свою работоспособность во времени и включает в себя такие понятия как работоспособность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

- *работоспособность* - состояние машины, при котором она способна выполнять заданные функции и сохранять значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией.
- *безотказность* - свойство машины непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. Она в свою очередь, характеризуется:
 - сопротивляемостью элементов конструкции разрушению, износу, коррозии и т.п.;
 - стабильностью физико-механических свойств конструкционных материалов;
 - стабильностью рабочих процессов в сборочных единицах, агрегатах и системах.

Для таких причин нарушения работоспособности как коррозия, облучение, действие внешних температурных факторов и т.п., время работы до отказа оценивается календарной продолжительностью работы машины (месяцы, годы) и называется *сроком службы до отказа*, а регламентированное время работы машины - *сроком службы*.

Для большинства машин основное значение имеет продолжительность работы (в отработанных часах) или выполненный объем (число циклов, масса или объем переработанных материалов, производительность и т.п.), поэтому время работы до отказа в этом случае называется *наработкой* на отказ, а регламентированное время работы машины - *ресурсом*.

- *долговечность* - свойство машины сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.
- *ремонтпригодность* - приспособленность машины к предупреждению, обнаружению и устранению причин повреждений (отказов) путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Отказ - нарушение работоспособности машины. Все виды отказов делятся на две группы А и Б:

- группа А - из-за нарушения элементов (поломки, деформации, износ, обрыв проводов, короткое замыкание и т.п.);
- группа Б - вследствие нарушения качеств функционирования (нарушение регулировок, засорение гидросистемы, течь в местах соединения шлангов и т.п.).

Отказы классифицируются:

- по частоте - единичные и повторяющиеся;
- по взаимосвязям - первичные (независимые) или вторичные (зависимые), вызванные действиями другого отказа;

- по условиям возникновения - возникшие при выполнении основных функций или при хранении, транспортировке, на холостом пробеге;
- по уровню внешних воздействий - при нормальных или ненормальных (отклонение от правил техобслуживания и управления, при недопустимых нагрузках и т.п.) условиях работы;
- по внешним проявлениям - явные (быстрое обнаружение) и скрытые (время обнаружения выше установленных норм);
- по виду - легкие (разрушение прокладки), средние (вызывают остановку машины для ремонта), тяжелые (значительные разрушения);
- по сложности устранения - требуют проведения технического обслуживания, текущего или капитального ремонта;
- по способности к восстановлению - устраняемые в эксплуатационных или стационарных условиях;
- по возможности прогнозирования - прогнозируемые (диагностическими приборами от изменения параметров, наработки, возраста) или непрогнозируемые;
- по характеру изменения параметров - постепенные (начинаются сразу после начала работы машины, зависят от длительности работы и связаны с процессами износа, коррозии, усталости и ползучести материалов); внезапные (сочетание неблагоприятных факторов и случайных внешних воздействий, превышающих возможности машины к их восприятию, возникают через некоторые случайные промежутки времени, не зависят от состояния машины и длительности предыдущей работы, а процесс протекает быстро) и сложные (включают особенности предыдущих отказов, время возникновения - величина случайная, а скорость процесса зависит от сопротивляемости элементов машины);
- по последствиям - отказы функционирования (связаны с повреждениями отдельных элементов машины, которая не может выполнять свои функции: выкрошился зуб шестерни, насос не подает масло в систему, не заводится двигатель внутреннего сгорания) или параметрические (машина выполняет свои функции, но работает за пределами своих технических требований - характеристик: загазованность воздуха, падение КПД передачи, снижение давления в рабочей жидкости гидросистемы). Оба вида отказов могут быть как постепенными, так и внезапными (в последнем случае отказ будет параметрическим, если потеряна точность работы машины или ее элементов, и функциональным, если произошло заклинивание одного из механизмов).

Предельное состояние машины возникает при невозможности ее дальнейшей эксплуатации.

В строительных машинах различают три группы элементов, отличающихся характеристиками предельных состояний:

- группа А - невосстанавливаемые элементы после первого отказа (пружины, подшипники качения, зубчатые колеса, уплотнения, тормозные накладки);
- группа Б - восстанавливаемые элементы и простые системы, имеющие в эксплуатации более одного отказа. Их работоспособность до предельного состояния поддерживается регулировкой, очисткой, заменой элементов и т.д. Предельное состояние - отказ, вызывающий необходимость в восстановительном или капитальном ремонте;
- группа В - сложные системы (машины в целом). Работоспособность их до предельного состояния поддерживается в результате проведения мероприятий по техническому обслуживанию и текущему ремонту. Предельное состояние наступает при возникновении необходимости в капитальном ремонте или списании машины.

3) ремонтпригодность машин включает в себя следующие основные понятия:

- доступность (удобство осуществления осмотра по регулировке и замене деталей руками и инструментом с отсутствием работ на ощупь и с минимальными объемами дополнительных работ и минимальной утомляемостью рабочих);
- контролепригодность (возможность контроля технического состояния элементов машин при профилактических мероприятиях, а также поиска отказавшего элемента или причины неисправности с помощью специальных методов и средств, к каковым относятся диагностическая аппаратура, индикаторы давления, температуры, загрязненности фильтров и т.п.);
- легкоъемность (замена сборочных единиц или агрегатов с минимальными затратами

времени и труда, определяемая массой, габаритами, системой крепления и конструкций разъемов съемного узла);

- взаимозаменяемость (характеризуется объемами пригоночных работ при установке однотипных элементов);

- блочность и агрегатность (возможность демонтажа и монтажа на машину сборочной единицы или агрегата без предварительной разборки его или смежного с ним узла);

- степень унификации (использование однотипных деталей и сборочных единиц в разных машинах, особенно на ограниченном пространстве применения последних).

Все показатели надежности носят вероятностный статистический характер.

4) стандартизация и унификация характеризуют насыщенность машин стандартными, унифицированными и оригинальными деталями и сборочными единицами.

Стандартизация предусматривает введение обязательных норм - стандартов, которым должны соответствовать определенные детали, сборочные единицы и параметры машин при проектировании, изготовлении и эксплуатации. По заводским и отраслевым нормам, государственным (ГОСТ) и международным (ИСО) стандартам выпускается большое количество деталей и узлов (крепежные детали, подшипники, редукторы, гидроаппаратура, системы и приборы автоматизации), применяемых в машинах различного назначения, а также устанавливаются вместимость ковша экскаватора, грузоподъемность трубоукладчика и др.

Конструкцию машин допускается изменять и совершенствовать. В соответствии с этим используется взаимозаменяемость деталей и узлов, позволяющая производить их сборку или замену без предварительной подгонки.

Взаимозаменяемость основана на широкой унификации, т.е. на рациональном сокращении номенклатуры однотипных деталей и сборочных единиц для применения их в разных машинах, а также и в однотипных машинах.

Наличие стандартов позволяет осуществить массовое изготовление по новейшей технологии деталей и узлов, повышение их качества (ведущее к надежности и долговечности) и снижение затрат времени, труда материалов и средств при проектировании, изготовлении и эксплуатации машин.

5) эргономические требования отражают взаимодействие человека с машиной и делятся на:

- *гигиенические* - соответствие кабины условиям жизнедеятельности и работоспособности машиниста (размеры кабины, освещенность, вентиляция с фильтрами для очистки воздуха, вибрация, пыле- и газонепроницаемость и т.д.);
- *антропометрические* - соответствие рабочего места и его частей форме, весу и размерам тела машиниста (удобное, регулируемое по высоте и горизонтали сиденье машиниста, регулируемые подлокотники, расстояние до рычагов, рукояток и кнопок управления и т.д.);
- *физиологические* и психофизические - соответствие рабочего места физиологическим свойствам машиниста и особенностям функционирования его органов чувств (скоростные и силовые возможности машиниста требуют легкое механизированное или автоматизированное управление; пороги слуха, зрения и т.д.);
- *психологические* - соответствие рабочего места машины возможностям восприятия и переработки информации, соответствие закрепленным и вновь формируемым навыкам человека.

Частично эргономические требования; представлены в требованиях безопасности.

6) эстетические требования характеризуются информационной выразительностью (соответствие формы назначению), рациональностью форм, целостностью композиции, совершенством производственного исполнения, соответствием современному стилю, внутренней и внешней отделкой и окраской, согласованностью с окружающей средой, удобством расположения и четкостью исполнения фирменных знаков, марок, указателей и т.п.

7) экологические требования учитывают вопросы, связанные с охраной окружающей среды при эксплуатации машин. К ним относятся выявление возможностей механических (нарушение земной поверхности и растительности), химических (содержание и вероятность выбро-

сов вредных частиц, газов, масел, топлива, излучений не только при эксплуатации, но и при хранении и транспортировании), световых, звуковых, биологических, радиационных (растительный и животный мир) и других воздействий на окружающую среду с целью их ограничения до допустимых пределов.

8) безопасность должны обеспечивать конструкция машины, меры и средства защиты людей, работающих на машине и рядом с ней при эксплуатации, монтаже-демонтаже, ремонте, хранении, транспортировании, в зонах возможной опасности, в том числе в аварийных и послеаварийных ситуациях от механических (защита движущихся элементов машины кожухами, заносы и устойчивость, на поворотах и при вращении поворотных платформ, в продольном и поперечном направлениях против опрокидывания), электрических (замыкания в электроцепи), тепловых (разогреваемые строительные материалы, пар, повышенная температура воды, двигателя, сварка и наплавка) воздействий, ядовитых и взрывчатых паров, шумов, радиоактивных излучений и т.п.

Снижение травматизма достигается повышением прочности и жесткости конструкции кабины, использованием на них безосколочных стекол, установкой на окнах защитных решеток, а в потолке - аварийного люка, обеспеченностью звуковой и световой сигнализацией и приборами, предупреждающими о критических ситуациях и при взаимодействии с совместно работающими рабочими, автоматическими устройствами безопасности и блокировки. Большое значение имеет обзорность, т.е. хорошая видимость и освещенность рабочих органов и окружающих их участков рабочей среды, в том числе с круговым обзором для мобильных машин. На машине должны устанавливаться огнетушители, противоосколочные козырьки, стеклоочистители, омыватели и устройства, исключающие обледенение и запотевание стекол, обогревателей для холодного времени года, кондиционеров для жаркого и тропического климата и т.д.

9) технологичность предусматривает оптимальное распределение затрат материалов, средств, труда и времени при подготовке производства, изготовлении деталей, сборке и отделке узлов и машины в целом, эксплуатации и ремонтах (в том числе удобство замены узлов и агрегатов), возможность использования прогрессивных технологий с автоматизацией процессов путем внедрения манипуляторов и промышленных роботов.

10) Транспортабельность машин и оборудования должна обеспечить их приспособленность к перемещению в пространстве на транспорте (автомобильном, железнодорожном, водном, воздушном), с прицепом, на специальных транспортных средствах и своим ходом с минимальными затратами труда и времени на подготовительные операции (укладка в тару, упаковывание, частичный демонтаж, погрузка, крепление и т.п. с противоположными операциями после перевозки).

11) патентно-правовые требования предусматривают патентную чистоту (оригинальные решения в конструкции машин) и защиту (заявки на изобретения в нашей стране, патенты в странах предполагаемого экспорта) машин и являются основным фактором при определении их конкурентоспособности, для возможной реализации не только в стране, но и на внешнем рынке.

12) экономические требования характеризуются ценой и экономическим эффектом, определяемыми на стадиях проектирования, подготовки производства, изготовления, испытаний и эксплуатации при соответствующем увеличении производительности, снижении массы машины, стоимости перерабатываемой продукции и улучшении качества выполняемых работ.

Все вышеизложенные требования, предъявляемые к строительным машинам и оборудованию, регламентируются соответствующими заводскими, отраслевыми, государственными и международными правилами, нормами и стандартами.

Практически все машины состоят из ряда основных сборочных единиц, к которым можно отнести ходовое, силовое и рабочее оборудование, трансмиссии и системы управления, установленные на общей раме (неповоротной, поворотной) или станине.

Каждая машина имеет ряд документов, без которых невозможно ее изготовление, эксплуатация и ремонт. Основными являются:

- чертеж общего вида - документ, определяющий конструкцию машины, взаимодействие ее основных частей и поясняющий принцип действия;

- сборочные чертежи и чертежи деталей - документы, изображающие деталь и данные для ее изготовления и контроля (размеры, обработка, допуски, посадки) или сборочную единицу и данные для ее сборки и контроля;
- схемы - документы, на которых в виде условных обозначений показаны составные части машины и' связи между ними (кинематическая для механического привода, электрическая, гидравлическая, пневматическая и др.);
- техническое описание и инструкция по эксплуатации;
- инструкция по монтажу, демонтажу и перевозке (по необходимости).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

ПОДГОТОВКА И СБОРКА ТРУБОПРОВОДОВ В СИСТЕМАХ ТГВ

2.1 Общие сведения о трубах

Трубопроводы служат для транспортирования жидкостей, газов, пара, а в отдельных случаях для передачи давления в качестве импульса. Часто трубы используют как элементы металлоконструкций.

Трубы в зависимости от материала, из которого они изготовлены, делятся на *металлические* (стальные, чугунные, алюминиевые, медные и т.п.) и *неметаллические* (керамические, асбестоцементные, бетонные, железобетонные, пластмассовые и т.п.).

Основная размерная характеристика труб и соединительных частей к ним - *внутренний диаметр трубы*. Номинальная величина внутреннего диаметра в миллиметрах или его округленное значение называется *диаметром условного прохода* D_y .

Прочность труб и их соединительных частей должна соответствовать условному давлению P_y транспортируемой среды. Под *условным давлением* понимают наибольшее избыточное давление, измеряемое в Паскалях (Па) при температуре 293 К (20 °С), при котором обеспечивается длительная работа трубопроводов и их элементов (соединительных частей, арматуры). Числовое значение условного давления указывается в ГОСТах на каждый вид труб.

На практике температура транспортируемых жидкостей может колебаться в значительных пределах. Наибольшее избыточное давление транспортируемой среды при рабочей температуре, при котором обеспечивается длительная работа арматуры и соединительных частей, называется *рабочим давлением* P_r .

Плотность, а также прочность труб, соединительных частей и арматуры проверяют *пробным* (испытательным) *давлением* $P_{пр}$, которое больше рабочего давления. Испытания проводят водой при температуре не менее 278 К (5 °С) или воздухом.

По назначению трубы разделяют на *трубы общего назначения* (для сооружения водоводов, теплотрасс, паропроводов) и *трубы для магистральных газонефтепроводов*.

В характеристику труб входят: ГОСТ, наружный диаметр, толщина стенки, длина трубы, теоретическая масса 1 м длины трубы, а также показатели качества поверхности и химический состав материала труб, подтверждаемые сертификатом качества.

2.2. Соединение стальных труб

В строительстве стальные трубы применяют как для монтажа санитарно-технических систем, так и в качестве конструкционных материалов (строительные леса, различные ограждения, элементы конструкций).

По способу изготовления стальные трубы бывают *шовные* (водогазопроводные) и *бесшовные*.

Шовные трубы используются для монтажа внутренних систем отопления, холодного и горячего водоснабжения, газоснабжения. Эти трубы выпускают двух видов: оцинкованные и неоцинкованные (черные). Оцинкованные трубы покрыты слоем цинка, предохраняющего их от коррозии, и применяются для монтажа систем питьевых водопроводов и горячего водоснабжения. Водогазопроводные трубы поступают на стройку с цилиндрической резьбой на концах и муфтами с той же резьбой из расчета одна муфта на каждую трубу.

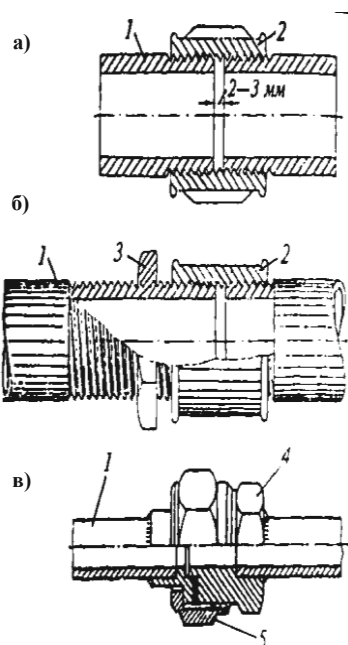
Бесшовные трубы (горяче- и холоднокатаные) применяются для наиболее ответственных участков санитарно-технических систем и конструкций, а также в не доступных для ремонта местах.

Кроме указанных выше труб выпускают *электросварные трубы с прямым и спиральным швом*. Эти трубы обычно используют при сооружении наружных коммуникаций значительного диаметра.

Водогазопроводные трубы соединяют между собой *разъемными* или *неразъемными соединениями*. Неразъемные соединения выполняются сваркой. Разъемные соединения выполняют на

резьбе и на фланцах. Резьбовые соединения осуществляют с помощью соединительных частей (фитингов) на цилиндрической трубной резьбе, выполняемой непосредственно на трубе или на привариваемом специальном штуцере. Для создания герметичного соединения водогазопроводных труб резьбовое соединение уплотняют льняной прядью, смоченной железным суриком, замешанным на натуральной олифе или путем подмотки пластмассовой ленты ФУМ.

На рисунке 2.1 показаны характерные элементы соединений водогазопроводных труб на резьбе.



а - на короткой резьбе, б - на длинной резьбе (сгоне), в- штуцерное соединение

1 - труба, 2 – муфта, 3 - контргайка, 4 - штуцер, 5 - накидная резьбовая гайка

Рисунок 2.1. Соединение стальных труб на резьбе

Применяют два вида трубных резьбовых соединений - *на коротких и длинных резьбах*. Соединение на коротких резьбах осуществляют последовательным ввертыванием соединяемых между собой участков труб в фитинги и арматуру. Длина резьбы должна быть немного меньше половины муфты. Последние два витка резьбы должны сходиться на конус (сбег) для придания плотности соединению. Разъем таких участков трубопроводов возможен, если одно из соединений будет выполнено на длинной резьбе. Это соединение называется *сгоном*. Сгон состоит из длинной резьбы, контргайки и муфты. Длинная резьба должна быть такой, чтобы на нее свободно навинчивались контргайка и муфта. Для разъединения сгона контргайку и муфту свинчивают на конец трубы с длинной резьбой, после чего разъединяют стыки труб. В монтажной практике в местах присоединения арматуры и оборудования используют сгоны стандартной длины. В таблице 2.1 приведены размеры стандартизованных сгонов.

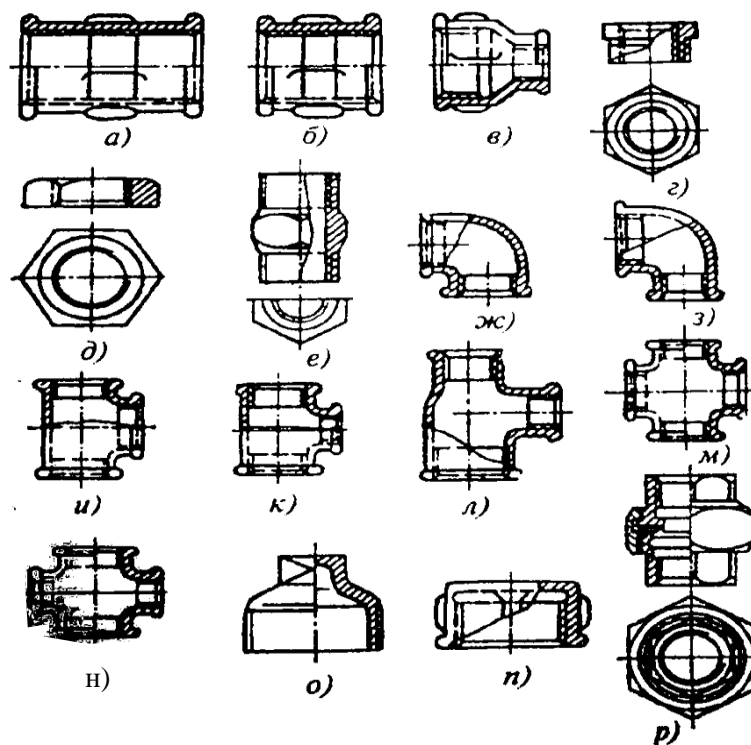
Таблица 2.1 - Размеры стандартизованных сгонов

Условный проход, D_v	Длина, мм		
	сгона, $l_{сг}$	короткой резьбы, l_k	длинной резьбы, l_d
15	110	9	40
20	110	10,5	45
25	130	11	40
32	130	13	55
40	150	15	60
50	150	17	65

Соединительные части для водогазопроводных труб изготавливают из ковкого чугуна и стали. На рисунке 2.2 представлены наиболее употребительные фитинги. Торцовые плоскости

фитингов должны быть перпендикулярны осям проходов и иметь заходные фаски.

Недостатком резьбовых соединений является снижение механической прочности участков трубопроводов в местах соединения.



а - компенсирующая муфта, б - прямая короткая муфта, в - переходная муфта, г - футорка, д - контргайка, е - двойной ниппель, ж - прямой угольник, з - переходной угольник, и - прямой тройник, к - переходной тройник, л - тройник с двумя переходами, м - прямая крестовина, н - переходная крестовина, о - пробка-заглушка, п - колпак-заглушка, р - соединительная гайка

Рисунки 2.2 Фитинги чугунные

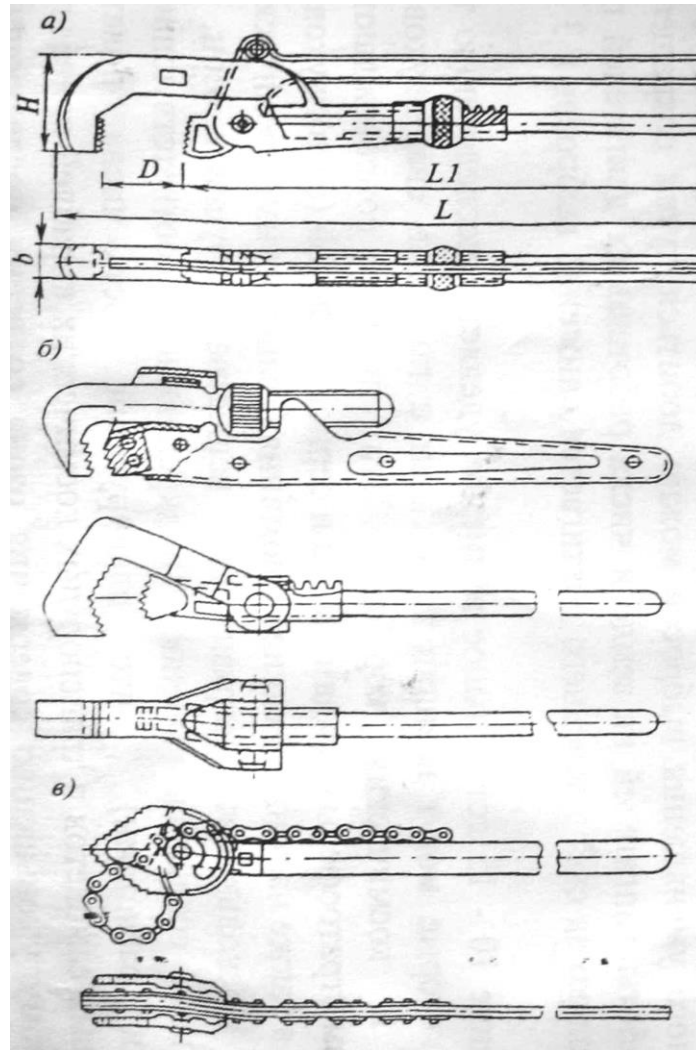
Соединение резьбовых водогазопроводных труб осуществляют с помощью трубных ключей, показанных на рисунке 2.3.

Фланцевое соединение состоит из фланцев, уплотнительной прикладки, болтов (или шпилек), гаек и шайб. В санитарно-технических системах применяют фланцы круглой формы.

На рисунке 2.4 показаны разновидности круглых фланцев. На место монтажа фланцы поступают, как правило, с приваренными отрезками труб или фланцы типа (2) с целью унифицировать операции сварки на монтируемом объекте.

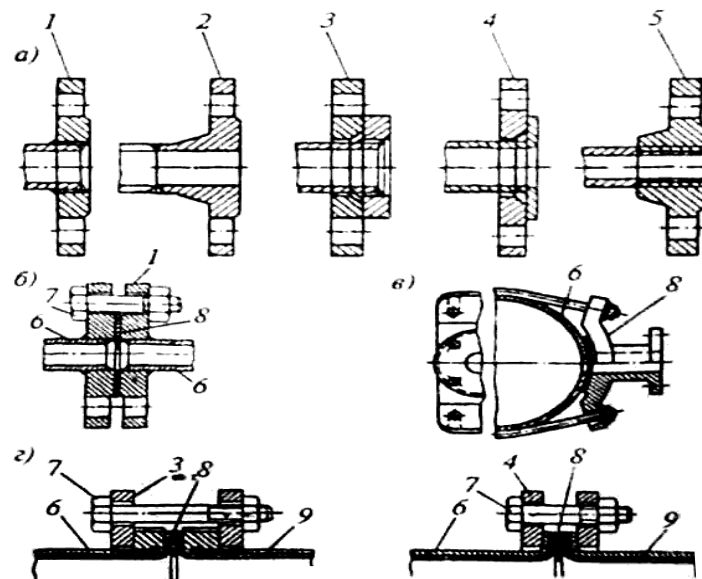
В большинстве случаев для $P_y = 1,6$ МПа и температуры до 300°C фланцы изготавливают из стали марки ВСтЗсп, болты - из стали марки 20, 25, 35, а гайки - из стали марки 10, 20, 25.

Выбор конструкции фланцев зависит от рабочих параметров и физико-химических свойств транспортируемого продукта, от материала труб. Фланцы могут устанавливаться на трубе не только с помощью сварки, но и на резьбе. Применяют фланцы, удерживаемые на трубе за счет отбортовки концов труб или приваренных к трубам колец. Герметичность фланцевого соединения достигается с помощью прокладок из упругого материала, размещаемого между торцевыми поверхностями фланцев



а - рычажный, б - раздвижной, в - накидной, г - цепной

Рисунок 2.3. Ключи трубные



а - виды фланцев, б - соединение на приварных фланцах,
в - седельные фланцевые, г - соединение футерованных труб;
1 - на сварке, 2 - с шейкой, 3 - на приварном кольце, 4 - на отбортовке,
5 - на резьбе, 6 - труба, 7 - болт, 8 - прокладка, футеровочный слой.

Рисунок 2.4 Соединение стальных труб на фланцах

Материал прокладок должен обладать достаточной прочностью для восприятия внутреннего давления и температурных удлинений трубопроводов, химической стойкостью в агрессивных средах, термостойкостью. В зависимости от материала прокладки бывают *неметаллические* и *металлические*. Прокладки изготавливаются из *технической резины, прокладочного и асбестового картона, фторопласта, алюминия, меди, свинца*.

Применение различного типа материала в зависимости от рабочих давлений и температуры приведено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Область применения материалов уплотнительных прокладок

Материал	Рабочие	
	температура, °С	давление, МПа
Техническая резина ТМКЩ (тепло-, морозо-, кислото-, щелочестойкая)	от - 60 до +90	до 1
Резина ПМБ (маслобензостойкая)	- 40 до + 80	до 1
Поранит ПОН (общего назначения)	до + 450	до 6,4
Прокладочный (пропитанный) картон марки А	до + 40	до 2,5
Асбестовый картон	от - 15 до +450	до 1,15
Фторопласт (применяется при транспортировании агрессивных жидкостей)	от - 296 до +250	до 2,5
Алюминиевые плоские прокладки	от - 196 до +250	до 4 МПа
Медные прокладки	от -196 до +250	до 20

При сборке фланцевых соединений необходимо обеспечивать симметричное расположение отверстий под болты (шпильки) относительно оси соединяемых трубопроводов. Смещение отверстий двух сопряженных фланцев не должно превышать половины разности номинальных диаметров отверстия и устанавливаемого болта (или шпильки), т.е. $(d_{\text{отв}} - d_{\text{болт}})/2$. Нельзя устранять перекос фланцев дополнительным натяжением болтов и устанавливать клиновые прокладки. Перекос фланцев на стальных трубах Ду 50 мм устанавливают путем подгибки в холодном состоянии, а при Ду 65 мм и выше - путем местного нагрева трубы.

Гайки во фланцевых соединениях должны быть расположены с одной стороны, а выход концов болтов или шпилек из гаек должен быть одинаковым (не менее чем на полтора и не более чем на три шага резьбы). При вертикальном расположении трубопровода головки болтов располагаются сверху.

Отверстия под болты должны быть сверленными с ровными краями. Резьбу болтов до установки смазывают графитом на минеральном масле. Затягивать болты (шпильки) следует равномерно при поочередном постепенном завертывании гаек (крест-накрест). При параллельной прокладке трубопроводов фланцы располагают вразбежку.

Недостатки фланцевых соединений состоят в большом расходе металла, высокой стоимости изготовления, а также меньшей по сравнению со сварными соединениями надежности в эксплуатации.

Неразъемные соединения водогазопроводных труб осуществляют с помощью сварки встык или внахлест. Внахлест трубы свариваются, когда нужно соединить трубы с условными диаметрами, значительно отличающимися друг от друга. Например, 15 и 25 мм, 20 и 32 мм и т.д. Такая необходимость возникает при осуществлении соединений с помощью неподвижного компенсирующего стаканчика либо переходов одних диаметров труб на другие.

Бесшовные и электросварные трубы соединяются на сварке встык, а к арматуре и оборудованию присоединяются с помощью фланцев.

2.3. Соединение чугунных труб

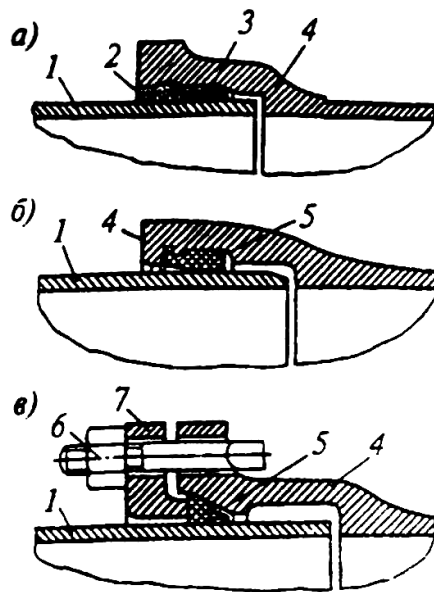
Чугунные трубы применяют для наружных систем водопровода, напорных и самотечных систем канализации и водостоков. Преимущество чугунных труб - *повышенная долговечность* по сравнению со стальными и *коррозионная стойкость*. Их недостатки - *значительная хрупкость* и большая *трудоемкость монтажа* трубопроводов.

Чугунные трубы изготавливают из серого чугуна. Трубы снаружи и изнутри покрывают нефтяным битумом. В результате покрытия внутренняя поверхность трубы становится более гладкой, что уменьшает трение воды о стенки трубы. Трубы выпускают с раструбами.

Трубопроводы, собранные из чугунных труб, разделяют на *водопроводные (напорные)* и *канализационные*.

Водопроводные трубопроводы монтируют из чугунных труб, изготовленных *стационарным литьем* в песчаные формы диаметром условного прохода от D_y 65 до 1200 мм и методом центробежного и полунепрерывного литья от D_y 65 до 1000 мм.

Соединительные части к водопроводным трубам отливают из серого чугуна в песчаные формы или кокиль для раструбных и фланцевых соединений. На рисунке 2.5 представлены наиболее характерные из них.



а - раструбное с заделкой пеньковой прядью и цементом, б - то же с резиновым уплотнителем, в - то же фальцевое с резиновым уплотнителем

1 - гладкий конец трубы, 2 - цемент, 3 - пеньковая прядь, 4 - раструб, 5 - резиновый уплотнитель, 6 - болт с гайкой, 7 - нажимной фланец.

Рисунок 2.5. Соединения чугунных водопроводных труб

Раструбные соединения водопроводных чугунных трубопроводов выполняют двумя видами заделки: *жесткими* и *эластичными*.

Жесткая заделка раструбного соединения (рисунок 2.6) основана на использовании для уплотнения раструба расширяющегося цемента, асбестоцементной смеси, серы. Эти твердеющие материалы придают стыку прочность, а герметичность обеспечивается законопачиванием смоляной пеньковой пряди. Чтобы конец смоляной пряди, скрученный в жгут, не попал в трубу, при наматывании первого витка его прижимают, захлестывая сверху очередным витком. Жгут вгоняют в зазор трубы и раструба конопаткой и уплотняют, заполняя $2/3$ глубины раструба. После уплотнения жгутом зазор заполняют жесткой заделкой в виде расширяющегося цемента (слегка увлажненного) или асбестоцементной смесью.

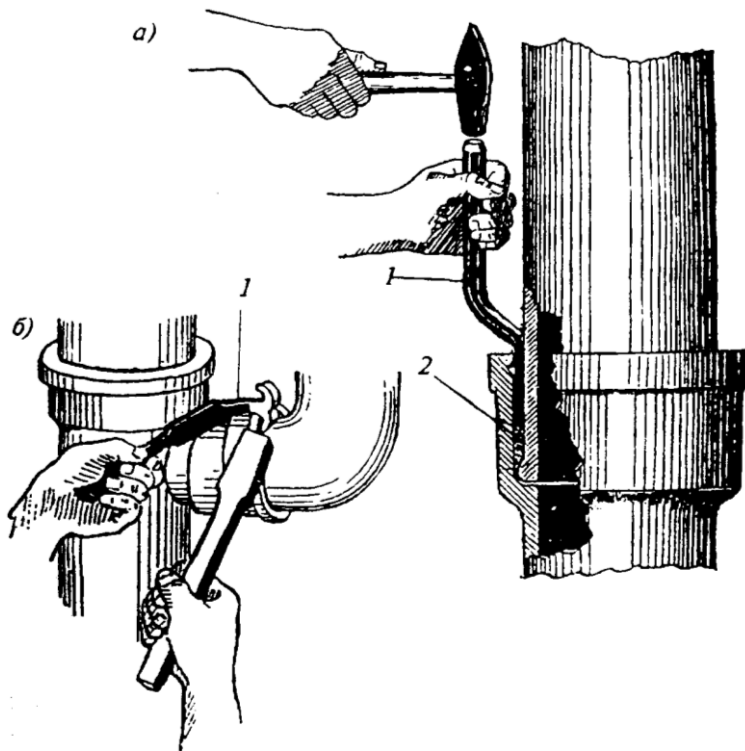


Рисунок 2.6 Заделка раструбного соединения

Асбестоцементная смесь готовится за 30... 40 минут до использования путем смешения асбестового волокна не ниже четвертого сорта (30 % по массе) и портландцемента марки не ниже 400 (70 %), добавляя воду в количестве 10... 12 % от массы смеси.

Для обеспечения качественного твердения цемента, раструб сверху закрывают мокрой тряпкой, которую время от времени смачивают. В зимнее время для увлажнения цемента или смеси используют горячую воду, раструб подогревают, стыки после зачеканки утепляют.

Соединение чугунных труб с заделкой раструбов *цементом и асбестоцементной смесью* требует значительного периода времени для схватывания цемента. Герметичность соединения зависит от качества уплотнения пряди и цемента. При появлении течи такое соединение необходимо полностью переделать.

Техническая сера используется для заполнения зазора в раструбе в расплавленном состоянии при температуре 130... 135⁰С. Раструб заливают серой из ковша вместимостью 0,5 дм³ на удлиненной ручке за один прием, не разрывая струи. Процесс твердения серы после заливки длится 5... 10 мин. Заделка раструба серой менее прочна, чем цементом.

Эластичная заделка раструбного соединения основана на использовании эластичных материалов: *резиновых колец, манжет* и пр., обеспечивающих некоторую гибкость соединения и высокую герметичность стыка при небольших затратах труда при монтаже.

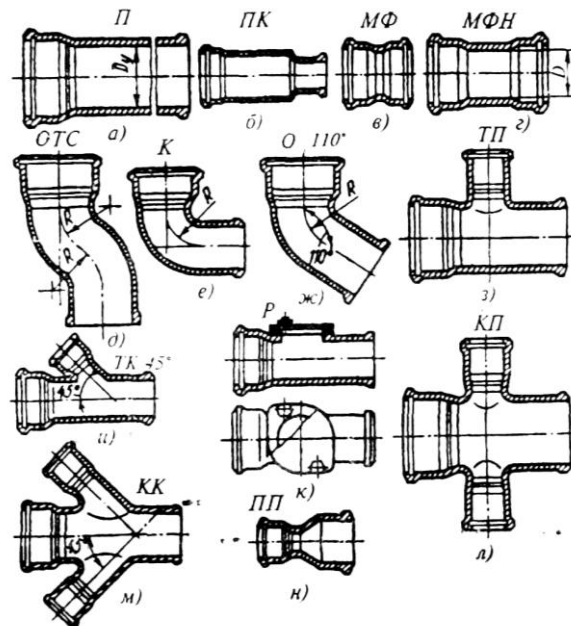
Канализационные трубы, изготовленные из серого чугуна способом *центробежного* литья, соединяются на раструбах аналогично чугунным водопроводным трубам. Наличие большого количества фасонных частей (рисунок 2.7) на внутридомовых трубопроводах канализационных систем делает целесообразным зачеканку многочисленных стыков производить в централизованных заготовительных мастерских, komponуя укрупненные узлы.

2.4. Соединение асбестоцементных и керамических труб

Асбестоцементные трубы выпускают *напорные* - для напорных систем водо-, газо-, паропроводов и *безнапорные* - для самотечных систем канализации, водостоков, мусоропроводов, дренажных коллекторов мелиоративных систем.

Асбестоцементные трубы изготавливают из смеси портландцемента – 85 % (по массе), асбеста 3-й и 4-й группы – 15 % и воды (на каждый килограмм асбестоцемента добавляют 4... 5 дм³).

Напорные асбестоцементные трубы различают по толщине и прочности стенок на три класса - трубы ВТ6, ВТ9 и ВТ12. Трубы ВТ6 и ВТ9 до D_y 150 мм и ВТ12 до D_y 200 мм выпускают длиной 2950 мм. Асбестоцементные трубы большего диаметра (больше D_y 200 мм) выпускают длиной 3950 и 5000 мм.



а - прямой патрубок П, б - компенсационный патрубок ПК, в - обычная муфта МФ, г - подвижная муфта МФН, д - отступ ОТС, е - колено К, ж - отвод 110°, з - прямой тройник ТП, и - косой тройник ТК 45°, к - ревизия Р, л - прямая крестовина КК, м - косая крестовина, н - переходной патрубок.

Рисунок 2.7. Фасонные части для чугунных канализационных труб

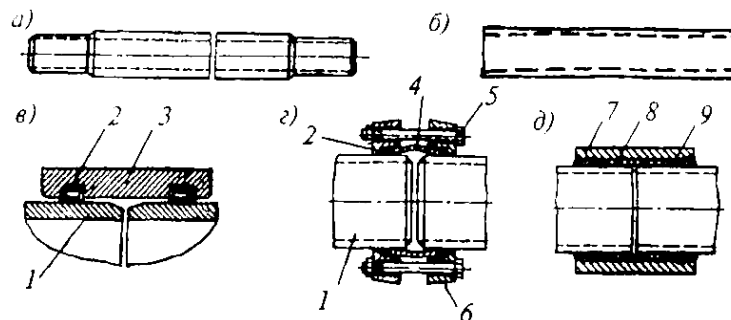
Соединяют напорные асбестоцементные трубы с помощью муфт (асбестоцементных и чугунных) с соответствующими уплотнениями.

Трубы ВТ6, ВТ9 и ВТ12 поставляются комплектно с асбестоцементными муфтами и резиновыми уплотнительными кольцами САМ-6, САМ-9 и САМ-12 соответственно (рисунок 2.8,в). Трубы ВТ9 могут комплектоваться чугунными втулками с резиновыми кольцами (рисунок 2.8,г).

Безнапорные асбестоцементные трубы при монтаже соединяют на асбестоцементных муфтах (рисунок 2.8,б,д), поставляемых комплектно с трубами. Муфтовые стыки безнапорных труб конопатят смоляной прядью и заделывают цементным раствором или битумной мастикой.

Керамические трубы применяют при устройстве безнапорных производственных и хозяйственно-бытовых канализационных сетей, для водостоков, прокладываемых в местах с агрессивными грунтовыми водами, а также для дренажных сетей.

По назначению керамические трубы бывают канализационные, дренажные и кислотоупорные.



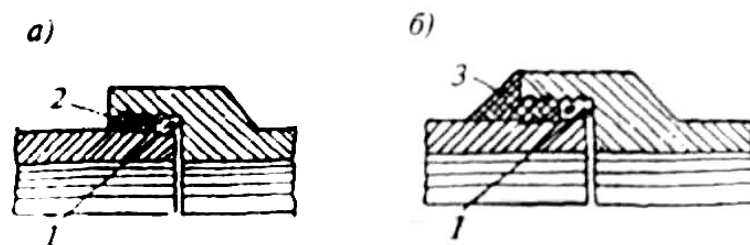
а - напорная труба, б - безнапорная труба, в - соединение САМ, г - соединение труб ВТ9, д - соединение безнапорной трубы; 1 - труба, 2 - резиновая кольцевая манжета, 3 - муфта САМ, 4 - чугунная втулка, 5 - болт, 6 - фланец, 7 - асбестоцементная муфта, 8 - смоляная прядь, 9 - цементная или битумная заделка.

Рисунок 2.8. Асбестоцементные напорные и безнапорные трубы и их соединение

Керамические канализационные трубы изготавливают из пластичных спекающихся тугоплавких глин с небольшой усадкой (не более 7...8 %) в смеси с шамотным порошком, который добавляют в глину в количестве 30...40 % формованной массы (шихты). Отформованные из приготовленной шихты канализационные трубы подсушивают в специальных сушилках при температуре 150⁰С до достижения 2...3 % влажности. Высушенные трубы покрывают глазурью (снаружи и внутри), которая состоит из легкоплавкой глины, полевого шпата, мела, марганцевой руды и прочих компонентов, делающих внутреннюю поверхность труб гладкой и более химически стойкой. Заключительный этап изготовления керамических труб - обжиг в печах при температуре 1250...1300⁰С в течение 48...60 ч. В результате обжига глазурь закрепляется на поверхности труб и они получают необходимую прочность. Керамические канализационные трубы выпускают длиной 1000 и 1500 мм, диаметрами от 150 до 600 мм с раструбами на одном конце и с нарезкой (винтовой) на другом.

Соединяют керамические канализационные трубы, вставляя конец одной трубы в раструб другой. Кольцевой зазор между трубами в раструбе на 1/3 глубины уплотняют просмоленной пеньковой прядью или канатом, остальную часть раструба заделывают *глиной* (глиняный стык), *цементным (или асбестоцементным) раствором* (цементный стык), *битумной мастикой* (битумный стык).

На рисунке 2.9 представлены стыки керамических труб.



а - асфальтом, б - цементом;
1 - просмоленная пакля, 2 - асфальтовая мастика, 3 - цементный раствор.

Рисунок 2.9. Заделка стыков раструбных труб:

Глиняный стык имеет замок из глины на раструбе по всей окружности шириной 200...300 мм и толщиной 50...60 мм. Глиняные стыки нельзя применять в зоне древесных насаждений из-за опасности прорастания в трубы корней.

Цементные стыки применяют в случаях прокладки керамических трубопроводов на плотном основании, исключающем их просадку, т.к. этот стык не эластичен. Для лучшего соединения цемента с прядью в зазоре раструба последний слой пряди делают из не смоляного каната. Заделку стыка производят слегка увлажненной цементной (или асбестоцементной) массой, состоящей из одной части портландцемента и одной части сеяного песка (или 0,5 части асбеста не ниже 6-го сорта). Воду добавляют непосредственно перед заделкой стыков в количестве 10 % от массы смеси. Цементную (или асбестоцементную) смесь вводят в зазор раструба отдельными слоями сначала руками, а затем проталкивают внутрь раструба и уплотняют сперва острой чеканкой, а затем тупой.

Битумный стык наиболее распространен в строительстве канализационных сетей. Мاستику для заливки раструбов изготавливают из асфальтовой мастики (60 % по массе) и битума БН-Ш

Мастику разогревают до текучего состояния при температуре 170⁰С. Перед заливкой стыка влажный раструб и конец трубы просушивают паяльной лампой. Заливать мастику можно в раструбы труб расположенных как вертикально, так и горизонтально. Горячая мастика заливается непосредственно в раструб, если трубы расположены вертикально и через литник (глиняный), если трубы расположены горизонтально.

Битумный стык эластичен, водонепроницаем и хорошо сопротивляется агрессивному действию грунтовых вод. Однако, эти стыки недопустимы при отведении от гаражей, нефтебаз, а также при поступлении сточных вод с температурой выше 40⁰С.

Преимущество асбестоцементных и керамических трубопроводов по сравнению с металлическими - высокая стойкость против коррозии и обрастания внутренней поверхности отло-

жениями, водонепроницаемость стенок, небольшая масса, легкость обработки, морозостойкость и невысокая стоимость.

Недостатками асбестоцементных и керамических труб являются высокая чувствительность к ударам, хрупкость и относительная сложность монтажа.

При транспортировании асбестоцементных и керамических труб необходимо их оберегать от толчков и ударов.

Асбестоцементные трубы должны быть переложены досками, плотно увязаны в штабеля прикреплены, чтобы предотвратить раскатывание труб.

Керамические трубы транспортируют в вертикальном положении. При погрузке и разгрузке асбестоцементных и керамических труб не допускаются удары по трубам и сбрасывание их с высоты. Эти трубы хранят под открытым небом, рассортированными по маркам и диаметрам. Нижний ряд труб располагают на деревянных подкладках и закрепляют.

2.5 Соединение бетонных и железобетонных труб

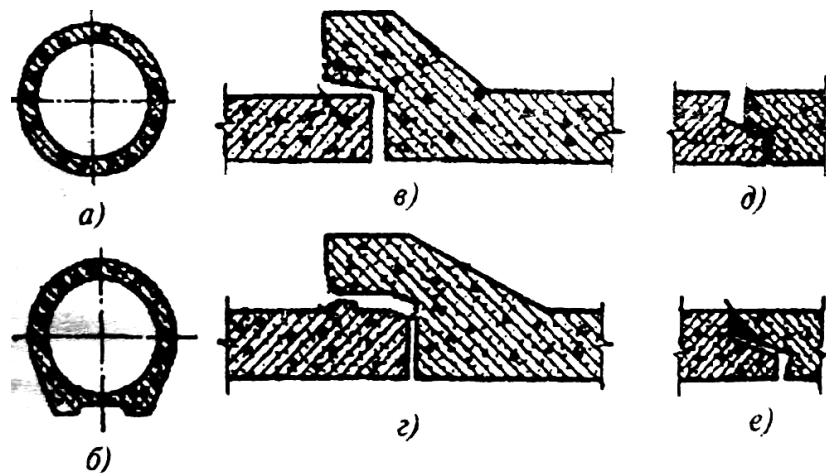
Трубы из бетона (затвердевшая смесь цемента, песка, гравия и воды) изготавливают по чертежам отдельных ведомств диаметром 200... 1000 мм, длиной 1... 2 м. Чтобы повысить прочность изделий, бетон усиливают стальной арматурой; такие трубы называют железобетонными. Самую большую прочность имеют железобетонные трубы с предварительно напряженной арматурой.

Железобетонные трубы выпускают двух видов: напорные и безнапорные. Производство железобетонных труб состоит из следующих технологических операций: приготовление бетонной смеси, подготовка форм, бетонирование труб (с уплотнением бетона вибрированием или центробежным способом), тепловая обработка, извлечение готовых труб из форм, выдержка в камере с целью упрочнения бетона.

Железобетонные напорные трубы производят диаметром условного прохода D_y от 500 до 1600 мм, длиной 5 м. В зависимости от рабочего давления в трубопроводе напорные трубы подразделяют на три класса: 1 - $P_p = 1,5$ МПа; 2 - $P_p = 1$ МПа; 3 - $P_p = 0,5$ МПа. Эти трубы изготавливают из бетона класса не менее В40, который армируют предварительно напряженной арматурой. Эти трубы используют для прокладки подземных трубопроводов, транспортирующих жидкости, которые по своему химическому составу неагрессивны по отношению к бетону, арматуре и уплотнительным резиновым кольцам стыковых соединений. Применение железобетонных напорных труб позволяет значительно уменьшить расход металла, стоимость трубопроводных коммуникаций и эксплуатационные расходы в сравнении с металлическими. Стыки напорных труб герметизируют резиновыми кольцами, которые помещают между внутренней поверхностью раструба и буртиком, расположенным на конце трубы.

Железобетонные безнапорные трубы предназначены для прокладки подземных безнапорных трубопроводов, транспортирующих самотеком бытовые жидкости и атмосферные сточные воды, а также грунтовые воды и производственные жидкости, которые по своему химическому составу неагрессивны по отношению к бетону.

Безнапорные трубы по форме поперечного сечения бывают *круглые* и *круглые с плоской подошвой* (рисунок 2.10), а по форме концов труб - *раструбные* (рисунок 2.10,в,г) и *фальцевые* (рисунок 2.10,д,е).



а - поперечное сечение круглой трубы, б - то же с плоской подошвой, в и г - стыки раструбных труб соответственно типов А и Б, д - стык фальцевых труб диаметром 400...800 мм, е - то же диаметром 1000...2400 мм.

Рисунок 2.10. Соединение безнапорных железобетонных труб

Круглые (раструбные и фальцевые) безнапорные трубы изготавливают с условным проходом D_y 400...2400 мм, а круглые с плоской подошвой 600...2400 мм. Длина тех и других труб 5 м.

Железобетонные безнапорные трубы изготавливают с раструбами двух типов: А (см. рисунок 2.10,в) - для заделки стыкового соединения с помощью зачеканки герметиками, Б (рисунок 2.10,г) - с помощью уплотняющих резиновых колец, поставляемых комплектно с этими трубами. Трубы изготовляют из бетона класса не ниже В25. Безнапорные трубы выпускают *нормальной* (н) и *повышенной* (у) прочности, зависящей от толщины стенки.

При монтаже железобетонные трубы (напорные и безнапорные) перемещают с помощью траверс с мягкими подкладками, не допускающими повреждения материала труб. Допускается перекачивать трубы по лагам или прокладкам, укладываемым с таким расчетом, чтобы трубы не опирались на них (или поверхность пола) раструбами и втулочными концами. Перемещение труб без торможения по наклонным плоскостям, перемещение их по земле волоком и разгрузка со свободным падением запрещается.

При хранении железобетонные трубы укладываются в штабеля горизонтальными рядами раструбами в разные стороны. Под нижний ряд труб помещают деревянные подкладки. Летом трубы при хранении увлажняют. В зимний период запрещается вывозить влажные трубы на холодный склад.

2.6 Соединение пластмассовых труб

Соединение пластмассовых труб осуществляют способами, зависящими от вида пластмасс, из которых изготовлены трубы.

Полиэтиленовые трубы высокой плотности (ПЭВП) и низкой (ПЭНП), изготавливаемые методом выдавливания размягченного полиэтилена (экструзии) соединяют преимущественно контактной сваркой в раструб или встык (рисунок 2.11а,б). Эти трубы используют для монтажа систем водоснабжения в зависимости от допустимых рабочих давлений полиэтиленовые трубы выпускают следующих типов: Л (легкие) - до 0,25 МПа, СЛ (среднелегкие) - до 0,4 МПа, С (средние) - до 0,6 МПа и Т (тяжелые) - до 1,0 МПа. Длина полиэтиленовых труб ПЭВП не ограничена, так как они эластичны и по мере изготовления их можно свертывать в бухты (при D_y до 50 мм).

Трубы ПЭНП имеют жесткую структуру и поэтому их длина ограничена - 3 м. Полиэтиленовые трубы морозостойки (до -50°C). Поливинилхлоридные (винипластовые) трубы НПВХ, изготовленные методом экструзии из непластифицированного поливинилхлорида и пластифици-

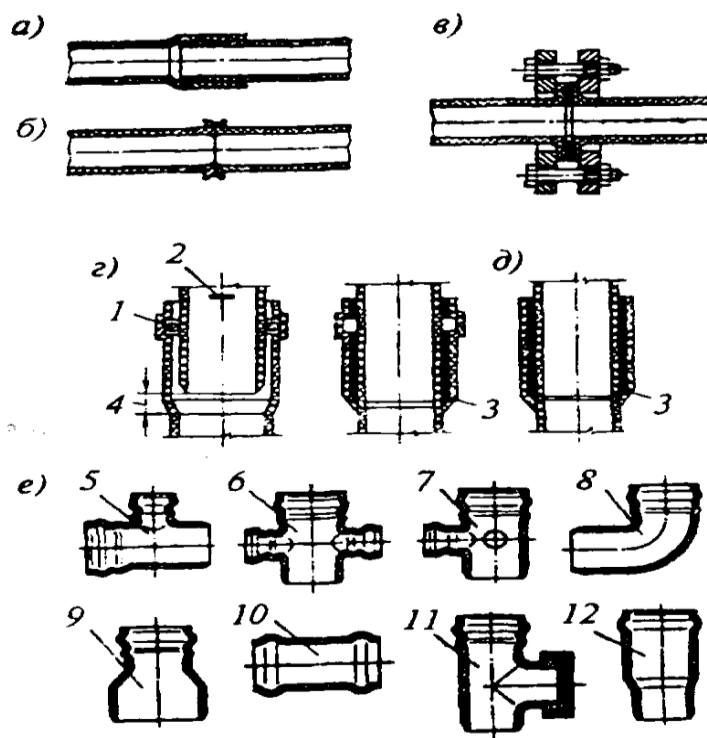
каторов соединяют на клею, фланцах, резиновых уплотнительных кольцах и накидных гайках (рисунок 2.11, в, г, д). Поливинилхлоридные трубы применяют для устройства систем водоснабжения и канализации, для газо- и нефтепроводов, для транспортирования агрессивных жидкостей и газов. Трубопроводы из поливинилхлорида рассчитаны на рабочее давление до P_p 0,6 МПа.

Соединительные фасонные части пластмассовых труб изготавливают для напорных трубопроводов и безнапорных (канализация, водостоки). Фасонные части изготавливают с раструбами, предназначенными для соединения с концами полиэтиленовых труб контактной сваркой, а поливинилхлоридных труб - на клею.

При монтаже трубопроводов из пластмассовых труб в местах, требующих разъема, трубы соединяют с помощью фланцев (рисунок 2.11, в).

Пластмассовые трубы выгодно отличаются от металлических не только экономией металла, индустриализацией производства и укладки, но своими специфическими свойствами. К этим свойствам относят: достаточную прочность, эластичность даже при низких температурах, высокую коррозионную стойкость, нетоксичность, малую массу, низкую теплопроводность, гладкую внутреннюю поверхность, вследствие чего меньше гидравлическое сопротивление и незначительное загрязнение минеральными веществами.

К отрицательным свойствам пластмассовых труб относятся низкая теплостойкость, чувствительность к механическим повреждениям, старение при длительном воздействии солнечного света и кислорода воздуха.



а - сварные встык, б - то же встык, в - фланцевое на отбортованной трубе, г - на резиновом кольце, д - на клею, е - фасонные части для безнапорного трубопровода (канализации);

1 - резиновые уплотнительные кольца, 2 - монтажная гайка, 3 - клеевой шов, 4 - зазор для компенсации температурных удлинений, 5 - тройник, 6 - крестовина, 7 - двухплоскостная крестовина, 8 - отвод, 9 - патрубок присоединительный, 10 - муфта соединительная, 11 - ревизия, 12 - муфта переходная.

Рисунок 2.11. Соединение пластмассовых труб

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

3.1 Сборка воздухопроводов из цветных металлов и сплавов

Сварку воздухопроводов из нержавеющей стали производят на постоянном токе. Перед сваркой детали должны быть очищены от грязи, масла и т. п. Прихватки при сборке необходимо выполнять только специальными (т нержавеющей стали) электродами или полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа.

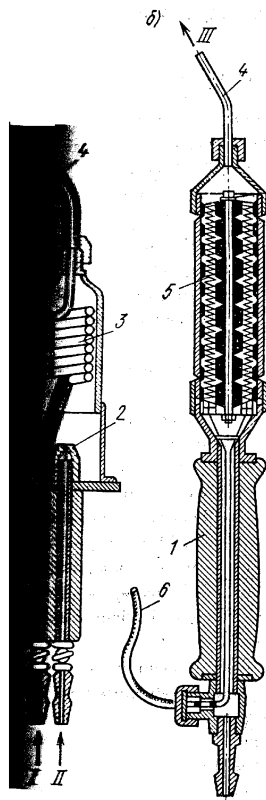
Перед сваркой воздухопроводов из алюминия и его сплавов поверхность свариваемых изделий необходимо очистить от тугоплавкой пленки. Это выполняют механическими способами - проволочными щетками из нержавеющей стали (диаметр проволоки 0,2-0,5 мм) или химическими способами. После механической очистки изделия пригодны к сварке в течение 2-3 ч. После зачистки кромки необходимо обезжирить. Для этого применяют бензин авиационный, ацетоновую или авиационную смывку, уайт-спирит и др. Сварку алюминиевых воздухопроводов выполняют ручной сваркой с вольфрамовыми электродами на установках УДГ-ЭОО и УДГ-500, а также аргонодуговой.

Для сварки воздухопроводов из титана "используют аргонодуговую сварку неплавящимся электродом постоянным током прямой полярности (минус на электроде). В качестве электрода используют вольфрамовые прутки. При ручной аргонодуговой сварке также применяют электрод с заточенным на конус углом.

3.2 Сборка неметаллических трубопроводов

Винипластовые и полиэтиленовые трубы. Винипластовые трубы легко поддаются механической обработки, распиловке, резке, сверлению, фрезерованию и т. п. Применения винипластовых труб является температура 60⁰С Винипластовые трубы, заключенные в стальную оболочку, применяют при температуры 90 ⁰С.

При температуре 200-220 ⁰С винипласт; переходит в текучее состояние и легко сваривается, что позволяет соединить собой трубы, фасонные части и детали арматуры. Сварка производится газовыми или электрическими горелками с применением пластовых прутков (рисунок 3.1).



а - газовая; б - электрическая;

1 - рукоятка; 2 - горелка; 3 - змеевик; 4 - сопло; 5 - греющая спираль;
6 - электрический шнур;

I - подача воздуха; II - подача газа; III - выход горячего воздуха

Рисунок 3.1. Горелки для сварки винипластовых труб

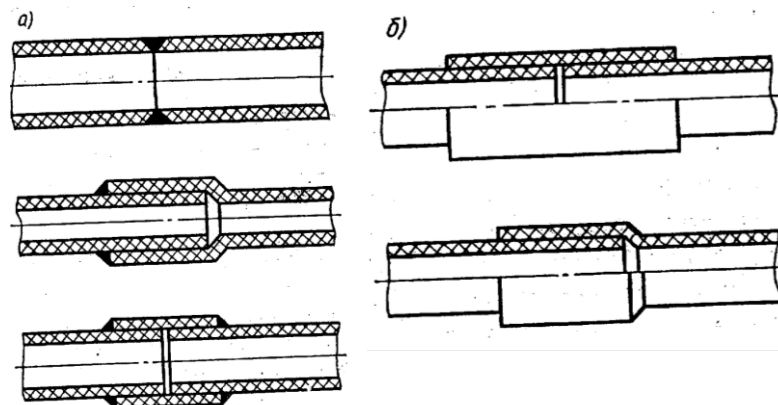
При склеивании труб клей наносят на $2/3$ глубины раструба и на длину калиброванного конца, после чего калиброванный конец медленно вводят в раструб до упора. В зависимости от величины зазора между внутренней поверхностью раструба и наружной поверхностью гладкого конца трубы клей наносят одним или двумя слоями. При соединении труб с помощью подвижной муфты концы труб промазывают клеем и надвигают предварительно нагретую муфту. Неразъемные клеевые соединения винипластовых труб показаны на рисунке 3.2,а.

Расход клея на одно соединение принимается в зависимости от диаметра трубы:

наружный диаметр D, мм	63	75	90	110	140	160
количество клея, г	15	20	30	50	75	105

Детали трубозаготовок после склеивания должны находиться в покое не менее 2 ч и могут быть испытаны внутренним давлением не ранее чем через 24 ч после склеивания.

Для склеивания применяют клей, содержащий виниловые смолы и 86 – 84 % метиленхлорида.



а - сварные: встык, раструбное, на подвижной муфте; б - клеевые: на подвижной муфте и раструбное

Рисунок 3.2. Неразъемные соединения винипластовых труб

Сварка встык с применением винипластовых прутков применяется следующим образом: кромки свариваемых труб с предварительно снятыми фасками и сварочный пруток нагревают газовыми горелками до температуры 190-220 °С, после под небольшим давлением укладывают по месту соединения. Место для наложения прутка должно быть чистым, сухим. Прочность соединения незначительна, особенно при нагрузках и при изгибе.

Раструбное соединение более прочно и выполняется следующим образом: на конце одной из соединяемых труб снимают фланец углом 45°; на другом конце формируют раструб и соединяют.

Полиэтиленовые и пропиленовые трубопроводы. Неразъемные соединения. Основной вид соединения труб - сваркой встык и внахлест контактным методом. Стыковая сварка рекомендуется для соединения труб и фасонных частей с толщиной сварки более 4 мм, раструбная сварка - для соединения труб со стенками любой толщины. При контактной сварке встык торцы труб нагревают до оплавления их поверхностей нагревательным инструментом, затем оплавленные поверхности соединяют под небольшим давлением (0,15-0,2 МПа) в течение 3-4 мин. Разностенность и смещение кромок свариваемых деталей при стыковой сварке не должны превышать 10 % толщины стенки трубы.

При контактной сварке внахлест одновременно оплавливают нагревательным инструментом наружную поверхность конца трубы и внутреннюю поверхность раструба, а затем быстро вдвигают оплавленный конец трубы в оплавленный раструб. Соединение обычно выполняется с помощью раструбных фасонных частей (муфт, угольников, тройников и др.), изготавливаемых методом литья под давлением. При отсутствии муфт заводского изготовления их можно сделать из отрезка трубы, толщина стенки которой больше толщины стенки свариваемых труб.

Перед сваркой необходимо тщательно очищать поверхности инструмента от налипшего материала, копоти, грязи и проверять размеры наружных концов труб и внутренних диаметров раструбов.

Инструмент с цилиндрическими поверхностями применяется для соединения труб и фасонных частей из полиэтилена низкой плотности, а с коническими поверхностями - из полиэтилена высокой плотности.

При нагреве сварочных элементов открытым пламенем контроль температуры производится с помощью термолент и термокарандашей. Контроль температуры при сварке труб из полиэтилена низкой плотности допускается производить пробой на оплавление путем быстрого проведения черты по сварочным элементам отрезком полиэтиленовой трубы. При этом нагрев считается: достаточным, если на элементах остается маслянистый, медленно испаряющийся (в течение 5-10 с) след полиэтилена; недостаточным, если полиэтилен слабо налипает на элементы; слишком высоким, если след быстро испаряется, а полиэтилен дымит и возгорается.

3.3 Технология паяния

Паяние - это процесс соединения металлических частей с помощью металла (припоя). Припой в процессе паяния расплавляясь, проникает в зазор между соединяемыми деталями, образуя паяный шов.

В зависимости от температуры плавления различают припои мягкие и твердые. Мягкие припои плавятся при температуре ниже 400 °С и применяются в тех случаях, где высокая прочность пайки не обязательна. Примером паяния мягкими припоями может служить паяние латуни, меди, белой жести, оцинкованной стали, железа оловянно-свинцовыми припоями марок ПОС-90, ПОС-30 и т.п. Буквы, входящие в обозначение этих марок означают: П - припой, О - олово, С - свинец. Цифры указывают сколько в этом припое процентов (по массе) олова, остальное свинец. Температура плавления таких припоев в пределах 220...260 °С. Оловянно-свинцовые припои поставляются в виде прутков, проволок и трубок (трубки заполнены канифолью).

Твердые припои плавятся при температуре около 700 °С и применяются для образования прочных температуроустойчивых швов. В качестве твердых припоев наиболее часто применяют медно-цинковые и серебряные сплавы. Для спайки бронзы, стали используют припои с со-

держанием меди до 68 %. Медно-цинковые припои поставляются в форме зерен размерами 0,2...3 мм (класс А) или 3... 5 мм (класс Б). Серебряные припои выпускаются в виде полос и проволоки. Для спаивания деталей из алюминия и его сплавов применяются припои на алюминиевой основе с температурой плавления 525 °С. При такой температуре на поверхности алюминия образуется прочная тугоплавкая пленка окислов. С целью нейтрализации этого явления в зазор соединения вносят флюс, который в процессе паяния предохраняет металл от окисления. Флюс плавится раньше припоя, растекаясь по поверхности и удаляет оксидную пленку до начала плавления припоя. Благодаря этому припой беспрепятственно затекает в зазоры и прочно соединяет детали. Применяют следующие флюсы: хлористый цинк (для пайки меди, латуни, бронзы и стали), соляную кислоту (для пайки цинка, чугуна), буру (при пайке твердыми припоями), канифоль (при паянии электропроводов), смесь хлористого цинка и хлористого натрия (для пайки алюминия), а также различные паяльные пасты (тиноль, флюдор и др.).

Хлористый цинк можно приготовить путем опускания кускообразного цинка в 50-процентную соляную кислоту до тех пор, пока кислота перестанет "кипеть". После этого в травленую кислоту добавляют 0,5 части нашатырного спирта и сильно взбалтывают до тех пор, пока раствор станет прозрачным.

Места нанесения паяльного шва должны быть очищены от жира, окалины, грязи. Зазор между деталями должен быть в пределах 0,05...0,15 мм. Перед пайкой поверхность алюминиевых деталей очищают путем травления в щелочах, промывания водой, осветления в азотной кислоте и вновь промывания водой.

Паяние мягкими припоями осуществляют паяльниками, изготовленными из чистой меди. Форму паяльника и его размеры выбирают в зависимости от характера соединяемых деталей. В большинстве случаев применяют молотковые паяльники с углом заправки 25... 45°. Паяльник нагревают до 400 °С, очищают от окалины, смазывают хлористым цинком и обслуживают припоем. Затем паяльником медленно прогревают будущий шов, предварительно смазав его флюсом, и прижимают припой к паяльнику для заполнения зазора в шве расплавленным припоем. Припой, пристав к поверхностям шва, остывает и, затвердевая, скрепляет спаиваемые детали.

Паяние твердыми припоями осуществляют в такой последовательности. Очищенные поверхности скрепляют мягкой проволокой в положении, в котором они должны остаться после паяния и места пайки обмазывают бурой. Затем в швы закладывают кусочки припоя и нагревают в горне (или паяльной лампой) до тех пор, пока припой расплавится и заполнит спаиваемые швы. При остывании кромки шва прочно скрепляются.

Для защиты поверхностей от ржавления и окисления применяют *лужение* и *цинкование*. Эти процессы связаны с нанесением тонкого слоя защитного металла на поверхности деталей (оребрение калориферов, поверхности теплообменников, труб). Лужение осуществляют путем нанесения полуды (оловянно-свинцовистый сплав, олово) на поверхность методом растирания или погружения. Цинкование осуществляют методом погружения. Предварительными операциями этих процессов является протравливание и промывка поверхностей, нанеска флюса, прогрев. При лужении растиранием хорошо нагретое изделие снимают с огня и быстро растирают олово холщевой тряпкой, пересыпанной порошком нашатыря, чтобы получился гладкий слой полуды. При цинковании изделие погружают в расплавленный цинк и затем, вынув, стряхивающими ударами удаляют подтеки расплавленного цинка.

В процессе паяния, лужения и цинкования необходимо соблюдать меры предосторожности как во время очистки поверхностей и подготовки их к пайке, так и во время осуществления этих процессов. Особую осторожность следует соблюдать при работе с кислотами, расплавленным припоем, нагретыми поверхностями и инструментами. Помещение, где производятся операции паяния, лужения и цинкования должны обеспечиваться достаточной вентиляцией.

Склеивание - это процесс соединения деталей с помощью специальных клеев, соответствующих склеиваемым материалам. Для склеивания пластмассовых деталей используются эпоксидные клеи типа Л-4 и ВК-32-ЭМ, ЭД-5 и ЭД-6 с применением отвердителя, пластификатора и наполнителя, а также клеи на основе термореактивных полимеров БФ. Склеивание происходит при подогревании клеевого шва до температуры от 20 до 200 °С в зависимости от мар-

ки клея. После отверждения клеевое соединение стойко к щелочам и минеральным кислотам. Эпоксидными клеями можно склеивать металлы, стекло, керамику, кожу, ткани. При работе с клеями необходимо оберегать лицо и руки от попадания на них брызг клея, а после работы тщательно вымыть руки горячей водой с мылом.

3.4 Машины и механизмы для сборки и сварки стальных труб большого диаметра

Для сварки труб диаметром 1420 мм с толщиной стенки 20 мм применяют комплекс оборудования "Дуга-2", включающий станок для обработки кромок, центратор-автомат для сборки труб и варки внутри первого (корневого) слоя шва, сварочные головки-автоматы для сварки наружных слоев, а также агрегат питания. Им можно сваривать до 38 стыков в смену при скорости сварки до 70 м/ч.

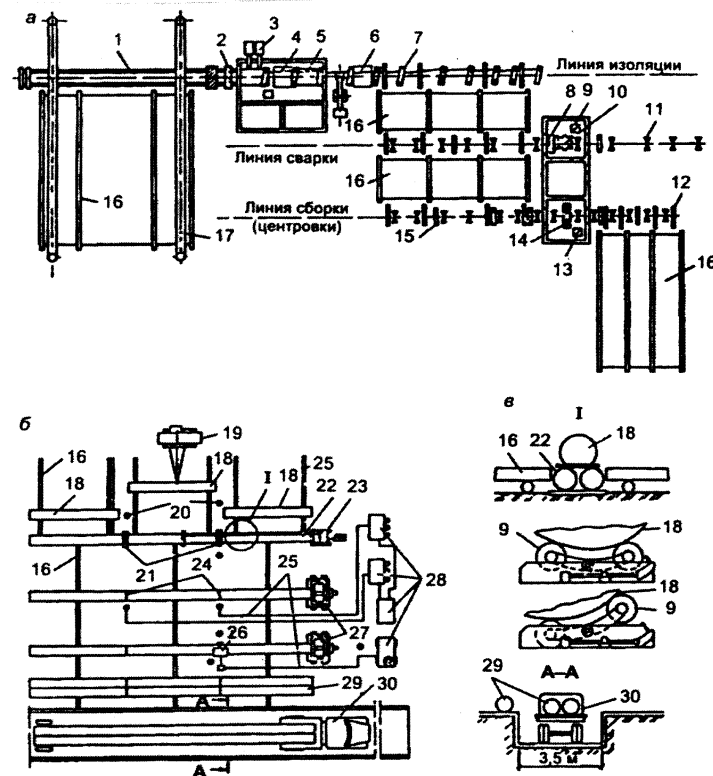
Особо эффективным в полевых условиях оказался новый способ электроконтактной стыковой сварки путем непрерывного оплавления торцов труб с помощью установки типа ТКУС (для сварки труб в секции) и типа ТКУП (для сварки секций в нитку трубопровода). Трубы диаметром 1420 мм сваривают установкой типа ТКУП, названной "Север-1". В ее состав входят сварочная машина К-700 с внутренним гратоснимателем, передвижная дизельная электростанция агрегаты для зачистки концов труб и снятия наружного грата. Все агрегаты установки оснащены системами автоматического управления процессом сварки. Им можно сваривать до 50-60 стыков труб такого диаметра в смену.

На сварочных базах (стационарных и полустационарных) (рисунок 3,4) сварку труб в секции чаще всего выполняют под флюсом с помощью сварочной головки, например, типа ПТ-56, корневой шов - под защитой углекислого газа с помощью полуавтомата А-547р. Для сборки и сварки труб в секции длиной до 40 м в полевых условиях оборудуют трубосварочные базы (ТСБ) вблизи трассы с плечом обслуживания 25-30 км.

Стальные трубы соединяют между собой на сварке, а в местах установки арматуры (задвижек, кранов, вентилей и др.) - на фланцах. Сварка труб включает следующие технологические операции: подготовка труб и кромок их торцов к сборке; раскладка труб на сварочных подкладках (стеллажах или стендах); центровка и стягивание труб до достижения между кромками торцов нужного зазора; скрепление собранного стыка сварочными прихватами; сварка стыка. При подготовке труб очищают кромки шириной 10-15 мм соединяемых труб от грязи, ржавчины и особенно от масел, выравнивают вмятины и неровности торцов, выправляют овальность, чтобы разность диаметров торцов не превышала 1-1,25 % номинала. Толщина стенок соединяемых труб не должна иметь отклонения более 12-15 % стандартного размера.

Раскладка труб перед сборкой должна способствовать их беспрепятственной и удобной центровке - совмещению геометрических осей и кромок труб при строгом соблюдении нормативных зазоров. Для этого применяют специальные зажимы - центраторы, которые бывают наружные (винтовые, эксцентриковые и цепные, рисунок 3.4,а-в) и внутренние (гидравлические, рисунок 3.4,г). Благодаря синхронному действию разжимных кулачков центраторы автоматически обеспечивают калибровку и центровку торцов труб.

Дуговую сварку стальных труб (рисунок 3.4,д) осуществляют с поворотом их вокруг своей оси (поворотные стыки) и без поворота (неповоротные или потолочные стыки). Неповоротные стыки сваривают в два или три слоя, начиная с нижней образующей трубы в 50 мм от вертикального диаметра труб (рисунок 3.4,е). Первый слой, как уже указывалось, называют корневым, второй - заполняющим и последний облицовочным. Трубы диаметром до 500 мм сваривают непрерывным швом, а трубы больших диаметров - прерывистым (как показано стрелками на рисунке 3.4,е). Неповоротные стыки труб больших диаметров при необходимости ускорения производства работ сваривают одновременно два или три сварщика по схемам, приведенным на рисунке 3.4,и,к,л.



а - стационарная база; б - полевая база типа БАСИ; в - роликовые опоры при сварке труб и подаче сваренной трубной секции;

- 1 - роликовый путь; 2, 3 - приводная и промежуточная тележки; 4 - битумоплавильный котел; 5 - изоляционная ванна;
 6 - установка сушки грунтовок; 7 - нанесение грунтовок; 8 - установка сушки секций перед очисткой;
 9 - роликовые опоры; 10 - зачистные щетки; 11 - стеллаж-накопитель; 12 - вращатель;
 13 - пульт управления; 14 - установка автоматической сварки труб; 15 - ролик продольного перемещения трубы; 16 - стеллажи;
 17 - кран-перегрузчик; 18 - трубы; 19 - кран-трубоукладчик; 20 - сварщики, монтажники и машинисты;
 21 - центратор; 22 - сварочный стенд; 23 - лебедка; 24 - корневые швы; 25 - кабель; 26 - окончательная сварка стыка;
 27 - торцовые вращатели; 28 - сварочные установки СЧУ-2; 29 - готовые секции труб; 30 - трубоплетевоз

Рисунок 3.4. Трубосварочные и трубоизоляционные базы

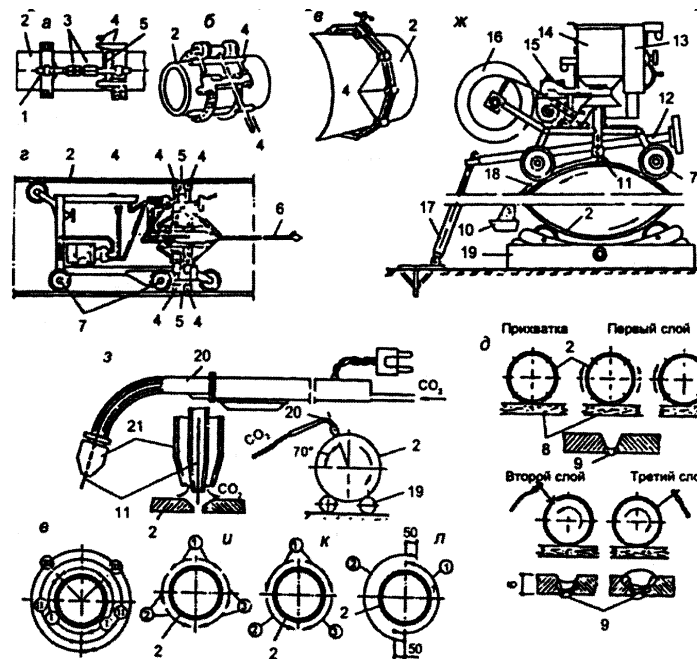
Качество сварных соединений труб в значительной степени зависит от режима сварки, который определяют параметры и характер тока, его полярность, длина дуги, скорость сварки, амплитуда колебаний и вылет электродов, их размер и состав покрытия, температура основного материала труб в момент начала сварки. Так, увеличение силы тока и обратная полярность способствуют улучшению проплавления металла и увеличению глубины провара, а с увеличением силы тока повышается скорость сварки и т.д.

Однако, поскольку ручная сварка неповоротных стыков очень трудоемка и часто сдерживает темп прокладки трубопровода, в последнее время все чаще применяют прогрессивную полуавтоматическую и автоматическую сварку таких стыков с помощью, например, сварочного автомата, состоящего из самоходной тележки, сварочной головки и пульта управления. В процессе сварки головка перемещается вокруг трубы по направляющему поясу и сваривает трубы электродной проволокой.

Для сварки труб диаметром 1420 мм с толщиной стенки 20 мм применяют комплекс оборудования "Дуга-2", включающий станок для обработки кромок, центратор-автомат для сборки труб и варки внутри первого (корневого) слоя шва, сварочные головки-автоматы для сварки наружных слоев, а также агрегат питания. Им можно сваривать до 38 стыков в смену при скорости сварки до 70 м/ч.

Особо эффективным в полевых условиях оказался новый способ электроконтактной стыковой сварки путем непрерывного оплавления торцов труб с помощью установки типа ТКУС (для сварки труб в секции) и типа ТКУП (для сварки секций в нитку трубопровода). Трубы диаметром 1420 мм сваривают установкой типа ТКУП, названной "Север-1". В ее состав входят сварочная машина К-700 с внутренним гратоснимателем, передвижная дизельная электро-

станция, агрегаты для зачистки концов труб и снятия наружного грат. Все агрегаты установки оснащены системами автоматического управления процессом сварки. Им можно сваривать до 50-60 стыков труб такого диаметра в смену.



а, б- центраторы винтовой и эксцентриковые (для труб диаметром не более 350 мм); в - то же, наружный роликово-звеньевой (для труб 520-1020 мм); г - то же, внутренний гидравлический (для труб 520-1220 мм); д, е - последовательность операций при ручной электросварке стыков поворотным и неповоротным трехслойным швом; ж- схема применения сварочной головки ПТ-56 для поворотной сварки стыков под слоем флюса; з - то же, для сварки корня шва шланговым держателем полуавтомата А-547-р; и, в- порядок наложения корневого слоя шва при сварке труб большого диаметра тремя сварщиками; л - то же, для заполнения остальной части шва двумя сварщиками;

1 - натяжной винт; 2 - свариваемые трубы; 3 - отверстие для воронки;

4 - центрирующие элементы; 5- стык трубы; 6 - штанга; 7 - ролики; 8 - лежни под трубы; 9- корневой слой шва; 10 - сборник для флюсов; 11 - проволока для сварки; 12 - регулировочный винт; 13 - панель с реостатом, вольтметром и выключателями; 14 - бункер для флюса; 15 - подающий механизм с двигателем и редуктором; 16 - кассета со сварочной проволокой; 17- штатив; 18 - флюс; 19 - штанговый держатель; 20 - головка держателя;

1, 2, 3 в кружках - позиции сварщиков; I, II, III - последовательность наложения шва неповоротного стыка

Рисунок 3.4. Сборка и сварка стальных труб:

На сварочных базах (стационарных и полустационарных) сварку труб в секции чаще всего выполняют под флюсом с помощью сварочной головки, например, типа ПТ-56 (рисунок 5.4,ж), корневой шов -под защитой углекислого газа с помощью полуавтомата А - 547р (рисунок 5.4,з). Для сборки и сварки труб в секции длиной до 40 м в полевых условиях оборудуют трубосварочные базы (ТСБ) вблизи трассы с плечом обслуживания 25-30 км.

3.5 Изоляция стальных трубопроводов.

Трубопроводы из стальных труб предназначены для длительной эксплуатации. Однако если их уложить в грунт без надежной изоляции, они сравнительно быстро разрушаются от воздействия почвенной коррозии и блуждающих электрических токов (электрокоррозия). Поэтому чтобы удлинить срок службы трубопроводов и обеспечить их безаварийную работу, необходимо их защитить от обоих видов коррозии.

Виды изоляционных покрытий. Покрытия должны обладать плотностью, обеспечивающей гидро- и электроизоляционные свойства, хорошей прилипаемостью к металлу (адгезией), устойчивостью к температурным изменениям и способностью сохранять свою форму в условиях окружающей среды (пластичностью), выдерживать значительные нагрузки в процессе укладки (механической прочностью).

Наиболее эффективной для обеспечения долговечности трубопровода является комплексная противокоррозионная его защита, включающая так называемую "пассивную" их защиту

различными изоляционными покрытиями и "активную" (катодную, протекторную и дренажную) защиту от воздействия блуждающих токов (электрокоррозии), ибо она часто бывает опаснее почвенной (гальванокоррозии).

Принцип действия катодной, протекторной и электродренажной защиты стальных труб от электрокоррозии заключается в следующем. Вблизи трубопровода оборудуют станцию катодной защиты (СКЗ), в состав которой входят источник постоянного тока, анодное заземление и дренажные кабели. Отрицательную клемму источника тока присоединяют к стальному трубопроводу, а положительную - к заземлению. В результате ток стекает с анодного заземления, подтекает к трубопроводу и возвращается к источнику по дренажному кабелю. Ток СКЗ создает отрицательный потенциал на трубопроводе и при его работе происходит разрушение анодного заземления, но при этом одновременно защищается стальной подземный трубопровод.

Протекторную защиту применяют для защиты стальных трубопроводов небольшой протяженности от коррозии блуждающими токами, если необходимое смещение потенциала трубопровода не превышает 0,3 В. Протектор изготавливают из металла с более отрицательным электродным потенциалом, чем металл подземного трубопровода. Установленный в грунт и приведенный в контакт с трубопроводом протектор вместе с ним образует гальваническую пару. Протектор (гальванический анод) при этом разрушается, а подземный трубопровод поляризуется до защитных потенциалов и не разрушается.

Электродренажная защита стальных трубопроводов заключается в отводе блуждающих токов, проникших в трубопровод, в сеть обратных токов электрического рельсового транспорта путем присоединения трубопровода через дренажное устройство с элементами этой сети (отрицательной шиной тяговой подстанции, отсасывающим пунктом или рельсом). Благодаря этому на трубопроводе создается отрицательный потенциал, что предотвращает выход блуждающих ТПК-OR из металла трубы в почву. Для защиты трубопроводов от почвенной коррозии применяют главным образом покрытия на основе нефтяных битумов, а также из полимерных липких лент.

Конструктивно изоляционные покрытия состоят из грунтовки, одного или нескольких слоев изоляционного материала (мастики, липкой ленты), армирующего и оберточного слоев. Они бывают трех основных типов: *нормальные, усиленные и весьма усиленные*. Для магистральных трубопроводов применяют покрытия нормального и усиленного типов, а для разводящих, проложенных в пределах города или промышленного предприятия, весьма усиленного типа.

Покрытие весьма усиленного типа общей толщиной $9^{+0,5}$ мм состоит из одного слоя битумной грунтовки, трех слоев мастики толщиной по 3 мм, разделяемых двумя слоями армирующей обмотки из стеклохолста, и наружной обертки из прочной крафт-бумаги.

Нормальное покрытие состоит из грунтовки, мастики слоем 4 мм, одного слоя стеклохолста и защитной обертки.

Усиленное покрытие, нанесенное в базовых условиях, состоит из грунтовки, двух слоев мастики по 3 мм, двух слоев стеклохолста и защитной обертки, а в полевых условиях - из грунтовки, одного слоя мастики 6 мм, одного слоя стеклохолста и защитной обертки.

Покрытия из полимерных липких лент удачно сочетают в себе высокую защитную способность и технологичность при механизированном их нанесении. Такие ленты изготавливают из полиэтилена или поливинилхлорида с нанесением на них клеевого слоя. Покрытия состоят из слоя грунтовки, одного, двух или трех слоев ленты (что соответствует нормальной, усиленной и весьма усиленной изоляции) и защитной обертки.

Нанесение изоляционных покрытий. Перед нанесением покрытий поверхность трубопровода тщательно очищают от окалины, ржавчины и других загрязнений на стационарной трубоочистной машине. Очищенные трубы немедленно покрывают грунтовкой, а после ее высыхания - битумной мастикой. В условиях базы мастику на трубы наносят с помощью трубоизоляционной установки. При использовании для изоляции труб липких лент их наматывают на трубы специальными изоляционными машинами. Изоляционные работы по совмещенному методу непосредственно на трассе выполняются колонной машин, включающей краны-трубоукладчики.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ (РУЧНЫЕ МАШИНЫ И УСТАНОВКИ)

4.1 Общие сведения

Ручными называют машины, рабочий орган которых приводится в движение двигателем, а вспомогательное движение (подача) – оператором вручную. Ручные машины применяют в строительстве для выполнения самых разнообразных работ. Ручные машины принято классифицировать следующим признакам:

► *по принципу действия* различают машины непрерывно-силовые и импульсно-силовые. К первым относятся машины с непрерывно вращающимся рабочим органом (сверлильные, шлифовальные машины, дисковые пилы и т.п.). Возникающий при работе этих машин реактивный момент воспринимается оператором, что является их существенным недостатком и накладывает определенные ограничения на мощность их приводов. Ко вторым относятся машины, работающие в прерывисто-импульсном режиме – ударном (молотки, перфораторы, вырубные ножницы) и безударном (ножевые ножницы). Машины ударного действия могут работать в чисто ударном (молотки, бетоноломы, трамбовки), ударно-поворотном (перфораторы) или ударно-вращательном (гайковерты) режимах;

► *по характеру движения рабочего органа* различают ручные машины с вращательным, возвратным и сложным движением. К первой группе относятся машины как с круговым вращательным движением (дисковые пилы, сверлильные машины, бороздоделы и т.п.), так и машины с движением рабочего органа по замкнутому контуру (цепные и ленточные пилы, долбежники, ленточные шлифовальные машины и т.п.). Возвратное движение рабочего органа реализуется в машинах с возвратно-поступательным (ножницы, напильники, лобзики и т.п.), и колебательным (вибровозбудители) движениями рабочего органа, а также в машинах ударного действия (трамбовки, молотки, пневмопробойники и т.п.). К ручным машинам со сложным движением относятся машины ударно-поворотного и ударно-вращательного действия и машины с иными видами движений рабочего органа, не соответствующими приведенным выше характеристикам;

► *по режиму работы* ручные машины делят на машины легкого, среднего, тяжелого и сверхтяжелого режимов. В легком режиме работают сверлильные машины, в сверхтяжелом – все типы машин ударного действия. Ручные машины могут быть реверсивными и нереверсивными, одно- и многоскоростными, с дискретным и бесступенчатым регулированием рабочих скоростей;

► *по назначению и области применения* ручные машины подразделяют на машины общего назначения для обработки различных материалов, машины для обработки металлов, дерева, пластмасс, камня и бетона, машины для работы по грунту и машины для сборочных работ. Особую группу составляют универсальные машины с комплектом насадок для выполнения определенных видов работ;

► *по виду привода* ручные машины могут быть электрическими, пневматическими, гидравлическими, с приводом от двигателей внутреннего сгорания, а также пиротехнические. Электрическим ручным машинам присваивают три класса защиты от поражения электрическим током. Машины с номинальным напряжением свыше 42 В имеют I и II класс защиты. У них доступные для прикосновения металлические детали отделены от частей, находящихся под напряжением, только рабочей (машины I класса) или двойной, усиленной (машины II класса), изоляцией. Ручные машины с номинальным напряжением до 42 В, питающиеся от автономных источников электроэнергии, либо от преобразователей или трансформаторов с отдельными обмотками имеют III класс защиты;

► *по конструктивному исполнению* ручные машины с вращающимся рабочим органом делят на прямые и угловые, соответственно при совпадающих (параллельных) осях вращения рабочего органа и привода или расположенных под углом друг к другу.

Основными параметрами ручных машин являются: потребляемая мощность, напряжение,

род, сила и частота тока (для электрических машин); рабочее давление сжатого воздуха (для пневматических машин). Единой системы индексации ручных машин не существует. Индексы определяют разработчики машин и их изготовители.

Наиболее широко используют индексы, состоящие из буквенной и цифровой частей.

Первой буквой "И" обозначают все ручные машины (механизированный инструмент), вторая буква обозначает вид привода: Э – электрический, Г – гидравлический, П – пневматический,

Д – от двигателя внутреннего сгорания.

Первая цифра цифровой части индекса обозначает группу машин: 1 – сверлильные, 2 – шлифовальные, 3 – резьбозавертывающие, 4 – ударные, 5 – фрезерные, 6 – специальные и универсальные, 7 – многошпиндельные, 8 – насадки и головки инструментальные, 9 – вспомогательное оборудование, 10 – резервная группа.

Вторая цифра обозначает исполнение машины: 0 – прямая, 1 – угловая, 2 – многоскоростная, 3 – реверсивная.

Последними двумя цифрами обозначают номер модели. Буквы после цифр обозначают очередную модернизацию. Например, индекс ИЭ-1202А расшифровывается как ручная электро-сверлильная многоскоростная машина второй модели, прошедшая первую модернизацию.

Чаще всего ручные машины используют в строительстве в условиях ограниченного пространства и времени, в связи с чем к этим машинам предъявляются **требования** компактности и комплектности, обеспечивающие удобство перемещения и быстроту запуска машины в работу. Конструкция машины должна исключать возможность получения оператором травм, поражения электрическим током, шумо- и виброболезни, а ее внешний вид должен отвечать требованиям эстетики. Соответственно первому требованию при разработке и изготовлении ручных машин стремятся максимально снизить их массу и габаритные размеры. Желательно, чтобы эти машины работали с минимальными потерями энергии. Однако в ряде случаев это требование не является обязательным. Так, пневматические ручные машины имеют значительно меньший КПД по сравнению с электрическими, но они легче и безопаснее. Коллекторный двигатель имеет меньший КПД, чем асинхронный, но из-за меньшей массы машин с коллекторными двигателями их применяют чаще. Форма и расположение рукояток, выключателей, а также уравновешенность и внешний вид современных ручных машин обеспечивают максимальное удобство в работе и отвечают современным требованиям технической эстетики. В конструкциях ручных машин широко использован принцип поузловой унификации, обеспечивающий снижение трудоемкости и стоимости их изготовления и ремонта.

4.2 Ручные машины для образования отверстий

К ручным машинам для образования отверстий относятся ручные сверлильные машины и перфораторы.

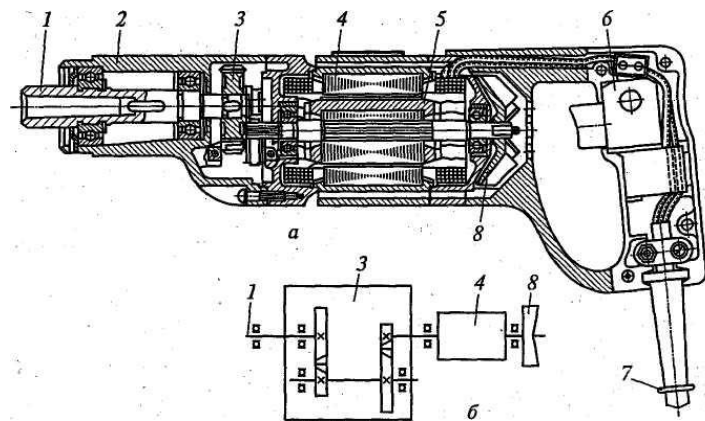
Ручные сверлильные машины по объему выпуска занимают первое место среди ручных машин. Они предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий в металле, дереве, пластмассе, бетоне, камне, кирпиче и других материалах. Эти машины являются базовыми для создания универсальных ручных машин.

Ручные сверлильные машины являются машинами с вращательным движением рабочего органа, работают в легком режиме, могут быть реверсивными и нереверсивными, одно- и многоскоростными с дискретным, бесступенчатым и смешанным регулированием частоты вращения рабочего органа. Они приводятся в движение электрическими, пневматическими или гидравлическими двигателями. По защите от поражения током электрические машины выпускают всех трех классов. По конструктивному исполнению эти машины бывают прямыми и угловыми. Последние применяют для работы в труднодоступных местах.

Основными сборочными единицами ручной сверлильной машины являются заключенные в корпус двигатель, редуктор, рабочий орган – шпиндель и пусковое устройство. На рисунке 4.1 показана электрическая ручная сверлильная машина. Статор 4 и ротор 5 электродвигателя встроены в корпус 2. Движение шпинделю 1 передается через двухступенчатый зубчатый ре-

дуктор 3. Электродвигатель, охлаждаемый крыльчаткой 8 вентилятора, посажен – он соединен кабелем 7. Его запускают выключателем 6. Чаще выключатель находится во включенном положении, будучи прижатым пальцем руки оператора. При отпускании пальца он размыкает электрическую цепь. При необходимости длительное время удерживать выключатель во включенном положении его фиксируют специальной кнопкой.

В пневматической сверлильной машине источником движения является встроенный в ее корпус пневмодвигатель, питаемый сжатым воздухом от внешнего источника и запускаемый выключателем, открывающим клапан для прохода сжатого воздуха к двигателю.



а – общий вид, б - кинематическая схема ее привода

Рисунок 4.1. Электрическая ручная сверлильная машина

Рабочим инструментом сверлильных машин (рисунок 4.2) служат сверла. Для работы по металлу применяют спиральные сверла с цилиндрическим (диаметром до 6 мм) 1 и коническим (диаметром более 6 мм) 2 хвостовиком. Сверла диаметром до 14 мм обычно закрепляют в трехкулачковом патроне, одеваемом на шпиндель, а сверла больших диаметров – непосредственно в шпинделе с внутренним конусом Морзе. Рабочая часть сверла состоит из режущей и направляющей частей со спиральными двухзаходными канавками. Режущая часть образуется в результате заточки сверла под углом ϕ при вершине торцевой части равном: $\phi = 116...118^\circ$ для стали, чугуна и твердой бронзы; $\phi = 130...140^\circ$ для очень твердых и хрупких материалов; $\phi = 80...90^\circ$ для мягких и вязких материалов.

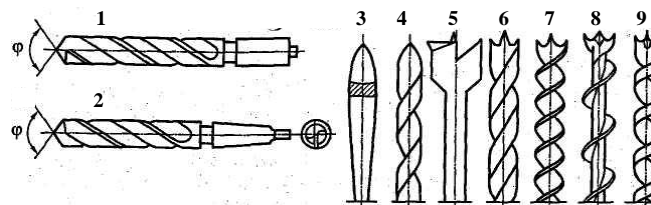


Рисунок 4.2. Сверла для работы по металлу (1, 2) и дереву (3-9)

При работе по дереву вдоль волокон применяют сверла ложечные 3 и с конической заточкой 4, при работе поперек волокон – центровые 5 и спиральные 6 с подрезателями, для сверления глубоких отверстий – винтовые 7 и шнековые 8, для сверления фанеры – штопорные 9 с круговыми подрезателями.

Для сверления отверстий в кирпиче, керамзитобетоне, шлакобетоне и гипсолите применяют двухлезвийные резцы (рисунок 4.3,а) армированные твердосплавными вольфрамкольбатовыми пластинками ВК6 повышенной износостойчивости, но не допускающими ударных нагрузок. Для сверления глухих отверстий под электрические розетки и выключатели применяют шлямбурные резцы (рисунок 4.3,б). Средняя скорость сверления ими отверстий диаметром 70... 100 мм в кирпиче – до 200 мм/мин. Монолитный бетон сверлят алмазными кольцевыми сверлами (рисунок 4.3,в), состоящими из коронки, оснащенной техническими алмазами, и трубчатого удлинителя.

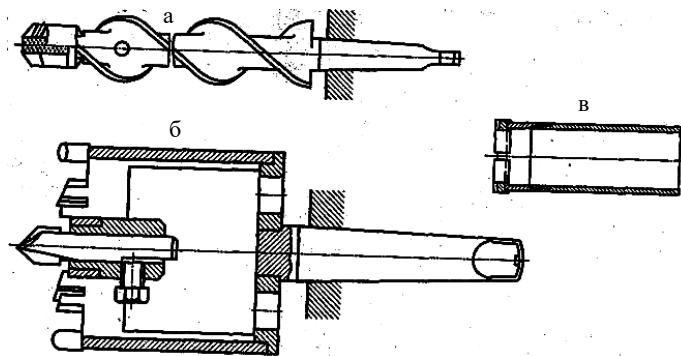


Рисунок 4.3. Сверла специального назначения

Для сверления отверстий ручную машину устанавливают так, чтобы сверло находилось на месте сверления. Затем прижимают ее в направлении сверления и включают двигатель. Для начальной центровки сверла предварительно в материале делают углубление дюбелем или другим инструментом с твердым наконечником. С увеличением диаметра отверстия требуются большие усилия подачи, в связи с чем сверлильные машины с диаметром сверл более 14 мм изготавливают с грудным упором.

Сверлильные машины ударно-вращательного действия более эффективны для работы с хрупкими материалами. В них при непрерывном вращении рабочего органа специальным механизмом наносятся удары по материалу в осевом направлении. Обычно такие машины имеют многоскоростной привод с дискретным или бесступенчатым регулированием рабочих скоростей. Наиболее распространены машины с четырьмя ступенями скоростей. Две ступени обеспечиваются двухступенчатым редуктором, а две другие – отключением части витков полюсных катушек, вследствие чего снижается магнитный поток двигателя и увеличивается частота вращения его якоря. Диапазон регулирования частоты вращения шпинделя в таких машинах составляет $0 \dots 10000 \text{ мин}^{-1}$.

На базе ручных сверлильных машин с регулируемой частотой вращения шпинделя выпускают универсальные ручные машины: с комплектом насадок для выполнения различных работ: сверления и резки металлов, снятия фасок, развертывания отверстий, нарезания резьбы и сборки резьбовых соединений и т.п.

Потребляемая мощность двигателя P (кВт) электросверлильной машины находится примерно в прямой пропорциональной зависимости от диаметра D (мм) отверстия (сверла): $P = 0,018 \cdot D$.

Ручные перфораторы применяют, в основном, для образования отверстий в различных материалах. Некоторые модели могут работать в режимах молотка и сверлильной машины. Перфораторы являются импульсно-силовыми машинами со сложным движением рабочего органа – бура, для чего в трансмиссии перфоратора имеются ударный и вращательный механизмы, иногда конструктивно совмещенные. Основными параметрами перфораторов являются энергия и частота ударов.

По назначению различают перфораторы для образования неглубоких отверстий (300... 500 мм) в материалах прочностью 40... 50 МПа и глубоких отверстий (2000... 4000 мм и более) в материалах практически любой прочности (200 МПа и более).

По типу привода перфораторы подразделяют на машины с электрическим (электромеханическим и электромагнитным), пневматическим приводом и от двигателей внутреннего сгорания.

Электромеханические перфораторы с энергией удара до 10 Дж применяют для образования отверстий диаметром 5...80 мм глубиной 600... 700 мм и более в бетоне, кирпичной кладке и других строительных материалах и конструкциях. При массе до 16 кг перфоратор может занимать любое положение относительно образуемого отверстия, а перфораторы большей массы работают только в направлении сверху вниз. Перфораторы с коллекторными электродвигателями с двойной изоляцией питаются от сети переменного тока номинальной частоты напряжением 220 В, а перфораторы с асинхронными короткозамкнутыми двигателями, снабженные защит-

ными отключающими устройствами, – от трехфазной сети.

Перфораторы с энергией удара более 10 Дж и массой 30...35 кг работают, как правило, от асинхронного электродвигателя. Их применяют для образования отверстий в крепких материалах диаметром 32... 60 мм при глубине до 6 м. Без специальных устройств они работают обычно в направлении сверху вниз. Отечественная промышленность выпускает электромеханические перфораторы с энергией удара 1... 25 Дж.

Ударные механизмы перфораторов могут быть пружинными, воздушными (компрессионно-вакуумными) и комбинированными. Наиболее распространены компрессионно-вакуумные механизмы, принцип работы которых показан рисунке 4.4. При вращении кривошипа 6 поршень 3, соединенный с кривошипом шатуном 5, совершает возвратно-поступательное движение в направляющей гильзе 4. При движении поршня вправо в камере между поршнем и бойком 2 создается разрежение, вследствие чего боек перемещается вслед за поршнем (см. рисунок 4.4,а). При возвратном движении поршня за счет повышающегося в камере давления воздуха поршень перемещается влево (см. рисунок 4.4,б) и в конце этого движения наносит удар по буру 1 (см. рисунок 4.4,в).

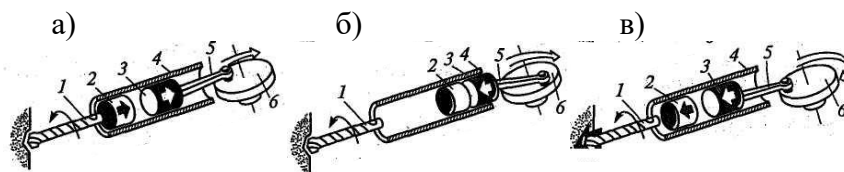


Рисунок 4.4. Принцип работы компрессионно-вакуумного ударного механизма

Перфоратор работает в ударном режиме только после нажатия на его корпус в направлении обрабатываемого отверстия, когда хвостовик бура 4 (рисунок 4.5), переместившись в держателе 5 вверх, ограничивает нижнее перемещение бойка 2, перекрывая окно 3 в поршне.

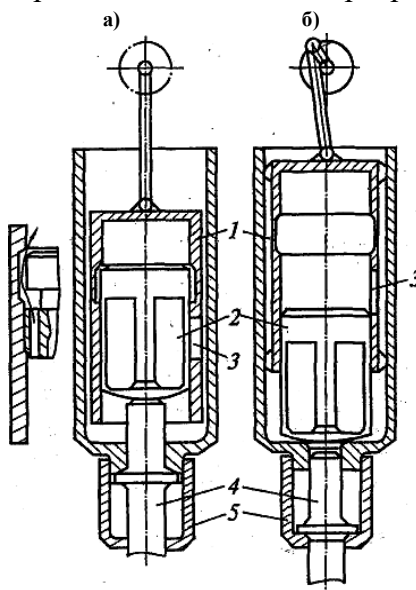


Рисунок 4.5. Схема переключения перфоратора из ударного (а) режима в безударный (б)

После прекращения нажатия на корпус бур вместе с бойком опускается в держателе вниз. При возвратно-поступательном движении поршня 1 камера между ним и бойком сообщается через окно 3 с атмосферой, и разрежения в нем не происходит, а, следовательно, боек остается в нижнем неподвижном положении.

Механизмы вращения бура могут быть кинематическими и динамическими. В кинематическом механизме вращение буру 5 (рисунок 4.6) передается от электродвигателя 1 через систему зубчатых передач 2 и 4. Для ограничения крутящего момента, во избежание получения оператором травм при заклинивании бура, в трансмиссию вводят предохранительную шариковую

или дисковую муфту 3.

На рисунке 4.7 приведена принципиальная схема динамического поворотного механизма с импульсным поворотом вставленного в буксу 6 бура 7 на некоторый угол во время холостого хода бойка 5. Последний соединен подвижным шлицевым соединением с поворотной буксой б, свободно посаженной в корпус перфоратора 1, и винтовым соединением со стержнем 4, на конце которого закреплено храповое колесо 2 с собачкой 3. При движении вверх боек вместе с буксой проворачивается на застопоренном храповом механизме винтовом стержне 4, при движении вниз срабатывает храповой механизм, позволяя провернуться винтовому стержню вместе с храповым колесом.

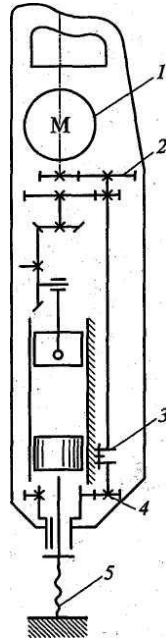


Рисунок 4.6. Кинематическая схема электромеханического перфоратора

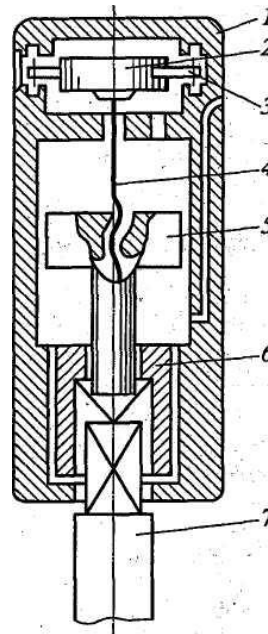


Рисунок 4.7. Динамический поворотный механизм перфоратора

Пневматические перфораторы отличаются от электромеханических типом двигателя – пневмодвигателем, работающим от компрессора. В частности, в перфораторах с динамическим поворотным механизмом основное движение – возвратно-поступательное перемещение бойка-поршня – обеспечивается попеременной подачей сжатого воздуха в поршневую и штоковую полости.

Импульсное вращение рабочему органу передается, как и у электромеханического перфоратора, через винтовую пару и храповой механизм (рисунок 4.7).

В **электромагнитных перфораторах**, называемых также фугальными, вращение бура 1 (рисунок 4.8) с буксой 2 передается от электродвигателя 6 через редуктор 7 с муфтой предельного момента 3, срабатывающей при заклинивании бура. Возвратно-поступательное движение бойка 4 с ударами по хвостовику рабочего органа осуществляется переменным магнитным полем от катушек 5.

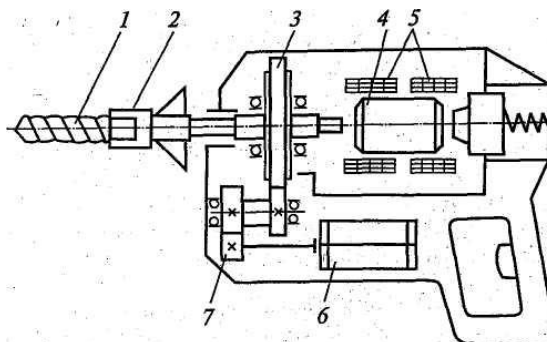


Рисунок 4.8. Принципиальная схема устройства электромагнитного перфоратора

4.3 Ручные машины для крепления изделий и сборки конструкций

Для монтажа металлоконструкций, электромонтажных, сантехнических и других видов работ применяют резьбовые соединения, используя для этого стандартные крепежные детали или изготавливая отдельные их элементы по месту. Для механизации этих работ применяют следующие ручные машины.

Резьбозавертывающие машины применяют для сборки резьбовых соединений. К ним относятся гайко-, шурупо-, шпильковерты с непрерывно-силовым или импульсно-силовым вращательным движением рабочего органа. Эти машины отличаются от сверлильных машин рабочим инструментом – торцовыми ключами для работы с болтами, винтами и гайками или отвертками для работы со шпильками и шурупами – и наличием в трансмиссии муфты предельного момента, при достижении которого муфта отключает рабочий орган от двигателя. Рабочий инструмент соединяют с рабочим органом жестко или шарнирно, в последнем случае для работы в труднодоступных местах. Резьбозавертывающие машины реверсивны, их применяют как для сборки, так и для разборки резьбовых соединений.

Машины с непрерывно-силовым движением рабочего органа просты по устройству. Их основным недостатком является значительный реактивный момент, воспринимаемый оператором, особенно в конце затяжки резьбового соединения. Машины этого типа работают с резьбовыми соединениями диаметром до 16 мм. Машины импульсно-силового типа лишены этого недостатка. Это частоударные машины, обеспечивающие затяжку резьбовых соединений за 100...200 ударов в течение 4...5 с, и редкоударные (3...15 ударов на одно резьбовое соединение). По сравнению с непрерывно-силовыми импульсно-силовые ручные машины обеспечивают больший момент затяжки резьбовых соединений при равных параметрах их двигателей.

В качестве примера частоударной импульсно-силовой ручной машины рассмотрим электрический гайковерт (рисунок 4.9). Вращение шпинделя 1 с закрепленным на нем ключом 9 передается от электродвигателя, вмонтированного в корпус 4, через редуктор 3 и ударно-импульсный механизм в виде винтовой пары выходной вал редуктора 5 – втулка 2, соединенных между собой винтовыми пазами на валу и входящими в них и в лунки на внутренней поверхности втулки шариками 7. Шпиндель может свободно перемещаться в осевом направлении в корпусе и в нерабочем состоянии отжимаемый пружиной 8, занимает в нем крайнее левое положение. Для начала работы ключ надевают на навинчиваемую гайку или головку болта (винта) и прижимают корпус в осевом направлении. Преодолевая сопротивление пружины 8, шпиндель перемещается относительно корпуса вправо, зацепляется своими кулачками на его торцевой поверхности с кулачками втулки 2 и приходит во вращательное движение. С увеличением сопротивления вращению шпинделя его скорость замедляется, и втулка 2, преодолевая сопротивление пружины 6 и навинчиваясь на вал 5, отходит от шпинделя вправо, выводя кулачки из зацепления со шпинделем. Втулка, освобожденная от этого зацепления, получает ускоренное вращение от вала 5 и под действием пружины 6 перемещается влево, ударом входя в зацепление с кулачками шпинделя. Эти движения продолжают до тех пор, пока шпиндель не займет свое левое нерабочее положение. Основными параметрами частоударных гайковертов являются максимальный момент затяжки и время затяжки резьбового соединения. Процесс сборки резьбового соединения такими гайковертами осуществляется за 100...200 ударов в течение 4...5 с. Для работы в режиме развинчивания резьбовых соединений переключают фазы электропитания при помощи штепсельного соединения.

Момент затяжки ограничивают муфтами предельного момента или временем действия ударного механизма. Эти меры не обеспечивают необходимой точности параметров затяжки резьбовых соединений, в связи с чем частоударные гайковерты применяют только для сборки неотчетливых соединений.

Редкоударные гайковерты обладают большей точностью. Основным их параметром является энергия удара, составляющая около 25 Дж. По сравнению с частоударными машинами они имеют меньшую массу (на 20...40 %) и более высокий КПД. Их применяют для сборки резьбовых соединений диаметром 22...52 мм при тарированном моменте затяжки 400... 5000 Н·м. Продолжительность сборки одного соединения составляет 3...8 с.

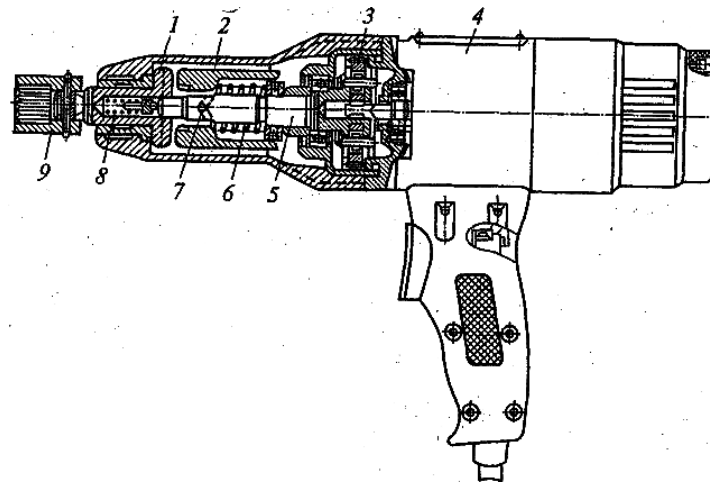


Рисунок 4.9. Электрогайковерт

В пневматическом редкоударном гайковерте (рисунок 4.10) ведущая часть 4 ударного механизма приводится во вращение от пневматического ротационного двигателя 5. Ведомая часть (ударник) 3 посажена свободно на валик 7 и может перемещаться по нему в осевом направлении. В нерабочем состоянии ударник, отжимаемый пружиной 2, занимает крайнее правое положение. При включенном двигателе контактирующие с ведомой частью шарики (центробежные грузы) 6 приходят во вращение и за счет возникающих при этом центробежных сил перемещаются центробежно в радиальном направлении, отжимая ударник, который кулачками на его торцевой поверхности ударом входит в зацепление с кулачками шпинделя 1.

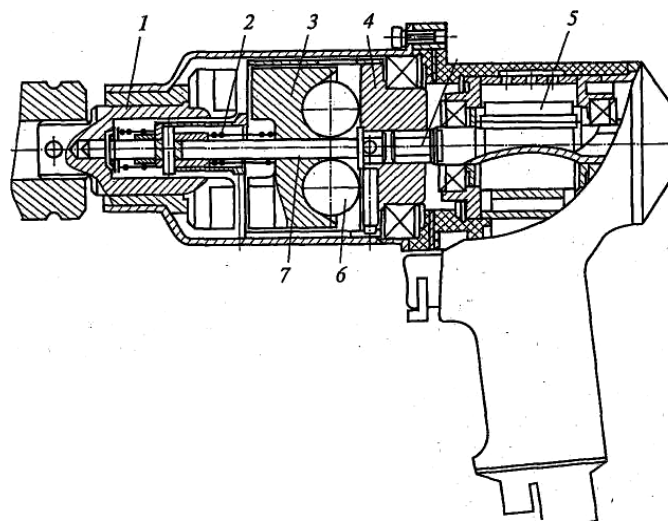


Рисунок 4.10. Редкоударный гайковерт

В начале процесса, когда сопротивление вращению шпинделя невелико, деталь резьбового соединения закручивается без отключения шпинделя от ударника. В конце затяжки, с возрастанием сопротивления вращению, скорость шпинделя и ударника уменьшается, вследствие чего снижаются также окружная скорость центробежных грузов и действующие на них центробежные силы, и грузы перемещаются центростремительно. При этом пружина 2 перемещает ударник вправо, выводя его кулачки из зацепления с кулачками шпинделя. Освободившись от внешней нагрузки, ударник приходит в ускоренное вращение, и процесс ударного включения и отключения кулачкового соединения повторяется.

Пневматический реверсивный гайковерт ИПЗ102 (рисунок 4.11) предназначен для закручивания и отвинчивания винтов и гаек. Пневмогайковерт состоит из рукоятки 13, крышки 4 и сменного рабочего инструмента (ключей) 1.

Рукоятка имеет корпус 14, в передней части которого смонтирован ротационный пневмодвигатель 19, в задней – механизм реверса 11, а в нижней – пусковое устройство 16.

В крышке смонтированы планетарный редуктор 6, 20 и ударный механизм 3. Ротационный

пневмодвигатель 13 состоит из ротора 9 с четырьмя лопатками 8 и статора 7. Механизм реверса 11 имеет распределительное кольцо 12, которое с помощью переключателя 10 регулирует подачу сжатого воздуха в пневмодвигатель и обеспечивает вращение ротора по часовой стрелке или против нее. Пусковое устройство имеет курок 18, воздействующий при его нажатии на стержень 17 и шариковый клапан 75. Планетарный редуктор 20 размещен в передней полости корпуса рукоятки 13 и задней полости крышки 4. Редуктор состоит из неподвижной венцовой шестерни 5, по которой обкатываются два сателлита 21. Одновременно эти сателлиты связаны с зубьями, выполненными на передней оси 22 ротора 9 со шпинделем 23 ударного механизма. Шпиндель ударного механизма помещен в корпусе 2, связанном с вилкой 24. На конец вилки, выходящей за крышку, устанавливается один из четырех сменных рабочих инструментов (ключей) для завинчивания или отвинчивания винтов или гаек определенного размера отвинчивания винтов или гаек определенного размера. При нажатии на курок 18 сжатый воздух из магистрали поступает в рабочую полость пневмодвигателя 19. Вращение ротора через понижающий планетарный редуктор 20 передается шпинделю 23, ударный механизм которого при помощи спиральных канавок и двух шариков соединен с корпусом ударного механизма, находящегося в зацеплении с кулачками вилки. При наличии нагрузки на вилку корпус ударного механизма откатывается на шариках назад и, сжимая пружину, расцепляется с вилкой. Затем под действием пружины он двигается вперед и, зацепляясь с вилкой, сообщает ей энергию удара.

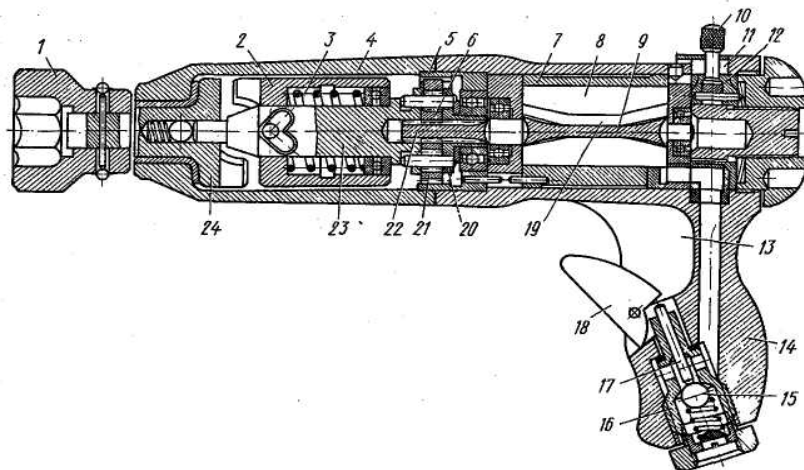


Рисунок 4.11. Пневматический реверсивный гайковерт ИП3102

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма
Наибольший диаметр завинчиваемой резьбы, мм	16
Наибольший момент затяжки, кг·м	10
Наибольший расход воздуха, м ³ /мин	0,75
Рабочее давление воздуха, МПа	0,5
Скорость вращения шпинделя, мин ⁻¹	1400
Габариты, мм:	
длина	270
ширина	60
высота	176
Масса, кг	4

Гайковерт 40ЭП108 (рисунок 4.12) применяют для заворачивания болтов и гаек с резьбой диаметром до 14 мм при выполнении монтажно-сборочных работ. Для удобства подхода к болтам и гайкам, расположенным в труднодоступных местах, ось шпинделя гайковерта смещена от оси двигателя, в гайковерте установлен Глушитель, предназначенный для снижения уровня шума, создаваемого отработавшим воздухом. Гайковерт состоит из ротационного пневматического двигателя, расположенного в корпусе 2, редуктора U рукоятки 5, педали 3. Пуск машины

производится нажатием педали 3. На торце гайковерта расположена петля 4 для подвешивания его на балансире.

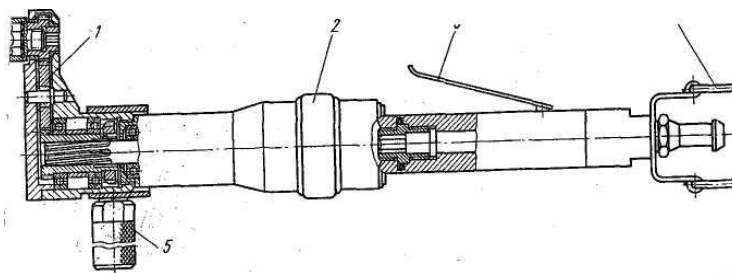


Рисунок 4.12. Гайковерт 40ЭП108

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма
Наибольший диаметр резьбы, мм	14
Наибольший момент затяжки, кг·м	6
Число оборотов шпинделя на холостом ходу в минуту	300
Двигатель:	
тип	пневматический, ротационный
рабочее давление воздуха в сети, МПа	0,5
наибольший расход воздуха, м³/мин	0,8
Габаритные размеры гайковерта, мм:	
длина	490
ширина	122
высота	66
Масса гайковерта, кг	6

Шпильковерт ИП7201 (рисунок 4.13) предназначен для заворачивания резьбовых шпилек при производстве монтажно-сборочных работ. Шпильковерты могут встраиваться в многошпиндельные блоки различных компоновок, обеспечивающие одновременное заворачивание нескольких шпилек.

Шпильковерт состоит из корпуса 7, ротационного пневматического двигателя 8, двухступенчатого планетарного редуктора 6, реверсивного механизма 3, шпинделя 2, шпилькодержателя 1.

Вращение от ротора двигателя через двухступенчатый планетарный редуктор передается шпинделю 2. Изменение направления вращения шпинделя осуществляется путем взаимодействия муфт 4 и 5.

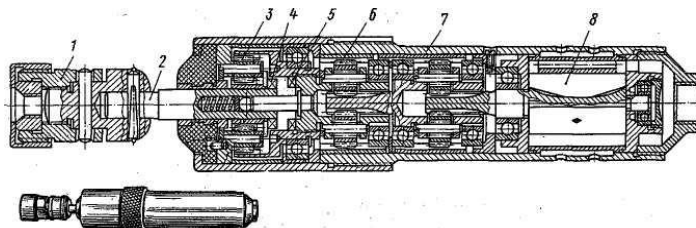


Рисунок 4.13. Шпильковерт ИП7201. Общий вид

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма
Диаметр резьбы, мм	12—14
Наибольший момент затяжки, кг·м	4,8
Число оборотов шпинделя при наибольшей нагрузке в минуту:	
при правом вращении	250
при левом вращении	500
Двигатель.....	пневматический, ротационный

Для сборки резьбовых соединений диаметром 100...200 мм, например, при монтаже крупного технологического оборудования, применяют гайковерты с гидравлическим приводом, питаемые централизованно от станции.

Шурупверты (винтовверты) применяют при сборочно-разборочных работах, например, при монтаже перегородок из сухой гипсовой штукатурки по металлическому, деревянному и асбоцементному каркасу. В качестве привода используют электрические реверсивные коллекторные двигатели с двойной изоляцией мощностью до 420 Вт с зубчатым редуктором и кулачковой муфтой предельного момента с регулятором значения последнего. Чаще в систему привода включают блок электронного регулирования частоты вращения в диапазоне от нуля до 0,75 ее номинального значения с ограничением максимальной частоты вращения. Для удобства работы в труднодоступных местах используют удлинители, переходные втулки, сменные патроны для крепления инструмента.

В качестве сменного инструмента используют отвертки под плоский и крестовый шлиц шурупов, а также головку-ключ. В ряде моделей шуруповертов зарубежного производства крепеж подается автоматически из сменных кассет, содержащих от 100 до 150 шт крепежных изделий.

Резьбонарезные машины с электрическим и пневматическим ротационным двигателями применяют для нарезания резьбы в сквозных и глухих отверстиях. Эти машины отличаются от сверлильных инструментом, в качестве которого применяют метчики, и реверсивным устройством в трансмиссии, передающей движение от электродвигателя рабочему органу. Трансмиссия электрической резьбонарезной машины (рисунок 4.14) состоит из двух планетарных передач 11–10–9–8 (при неподвижном венцовом колесе 9) и 4–5–2. Шпиндель 1, свободно перемещаемый вдоль оси центрального колеса, на внешнем конце имеет патрон для крепления метчика с хвостовиком квадратного сечения, а на внутреннем конце – жестко соединенную с ним двухстороннюю кулачковую полумуфту 6. При нажатии на корпус машины в направлении подачи полумуфта 13, жестко соединенная с венцовым зубчатым колесом 8, входит в зацепление с полумуфтой 6, вследствие чего шпинделю передается от электродвигателя 12 правое вращение (на завинчивание метчика). Для возвратного вращения метчика (на его вывинчивание из резьбового отверстия) в случае нарезания резьбы в сквозных отверстиях корпус машины подают на себя. При этом полумуфта 6, удерживаемая в осевом направлении упирающимся в торцовую поверхность отверстия метчиком, выходит из зацепления с полумуфтой 13 и при дальнейшей подаче корпуса на себя входит в зацепление с полумуфтой, выполненной заодно с центральным зубчатым колесом передачи второй ступени. В результате этих действий шпинделю сообщается левое вращательное движение с более высокой скоростью, и метчик вывинчивается из нарезанной им резьбы. В случае нарезания резьбы в глухих отверстиях ее глубину регулируют упором 3, закрепляя его на корпусе машины винтом 7. При достижении установленной глубины упор приходит в соприкосновение с телом нарезаемой детали, препятствуя дальнейшему перемещению корпуса в осевом направлении, а вращающийся шпиндель с ввинчивающимся в отверстие метчиком перемещается на отверстие, выводя полумуфту 6 из зацепления с полумуфтой 13. Для вращения метчика в обратном направлении поступают так же, как и в случае нарезания сквозных отверстий.

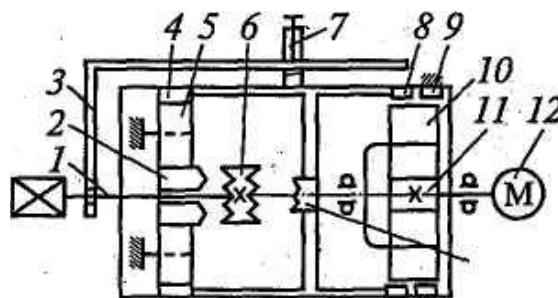


Рисунок 4.14. Кинематическая схема резьбонарезной машины

4.4 Монтажные сборочные молотки или пистолеты применяют для забивки крепежных изделий (гвоздей, скоб, дюбелей). Крепежное изделие вставляют в ствол пистолета и одноразово-

вым воздействием на него поршня-ударника забивают его в деревянное, металлическое, кирпичное или бетонное основание. В зависимости от вида привода различают пороховые, пневматические и электромагнитные молотки.

Пороховые молотки (рисунок 4.15) предназначены для забивки дюбелей различного исполнения (дюбель-гвоздь, дюбель-винт – с винтовой нарезкой хвостовика) в бетон до марки 400 включительно, сталь с пределом прочности до 450 МПа, кирпич. В работе порохового молотка используется принцип действия огнестрельного оружия. Дюбель 2 и пороховой патрон 6 закладывают в ствол 5.

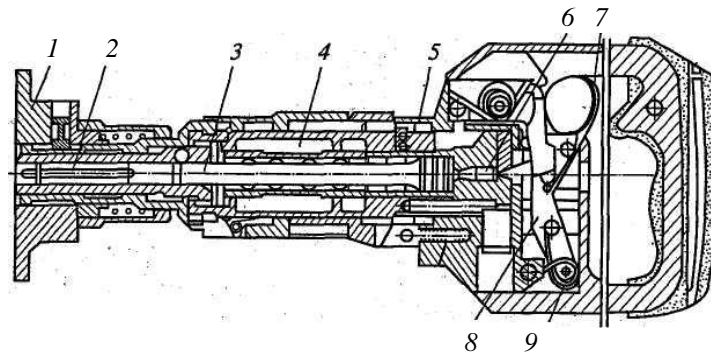


Рисунок 4.15. Пороховой строительно-монтажный пистолет

Далее молоток прижимают установленным на переднем конце прижимом 1 к основанию, предназначенному для забивки дюбеля, и нажимают на спусковой рычаг 7. Под действием пружины 8 рычаг 9 ударяет острием наконечника в капсюль патрона, вследствие чего находящееся в нем воспламеняющееся от удара вещество поджигает порох. Образующиеся при этом пороховые газы, увеличиваясь в объеме, выталкивают из ствола поршень 3, который ударяет по хвостовику дюбеля, внедряя его в основание. После перемещения поршня в переднюю часть ствола полость последнего соединяется с камерой 4, через которую отработанные пороховые газы выбрасываются в атмосферу.

Тип патронов выбирают в зависимости от размеров забиваемых дюбелей и механических свойств оснований. Пороховые молотки комплектуют сменными стволами и поршневыми группами соответственно размерам дюбелей.

Пневматические молотки, называемые также гвозде- или скобозабивочными пистолетами, применяют для забивки гвоздей и скоб в деревянные, древесно-волоконистые, древесно-стружечные, цементно-стружечные и другие основания. Они бывают специальными – для забивки крепежных элементов определенного вида и универсальными – для забивки нескольких видов крепежных элементов.

В гвоздезабивном пневматическом пистолете (рисунок 4.16) комплект гвоздей помещают в магазин 9, откуда они по одному поступают в ствол 10. Гвоздь забивают ударом по его шляпке штоком 3 при перемещении поршня 5 в направляющем цилиндре 4 к стволу от давления сжатого воздуха, поступающего от компрессора через штуцер 8 и клапан 6 в надпоршневую полость (прямой ход).

Клапан 6 открывается пусковой скобой 7 при условии, что предохранительная скоба 11 будет прижата к основанию (месту забивки гвоздя). После отпускания скобы 7 или (и) отжатия предохранительной скобы 11 доступ воздуха в надпоршневую полость прекращается, и поршень со штоком возвращается в исходное положение под давлением воздуха в аккумулирующих камерах 2, которые заряжались при прямом ходе поршня через отверстия 1 в направляющем цилиндре.

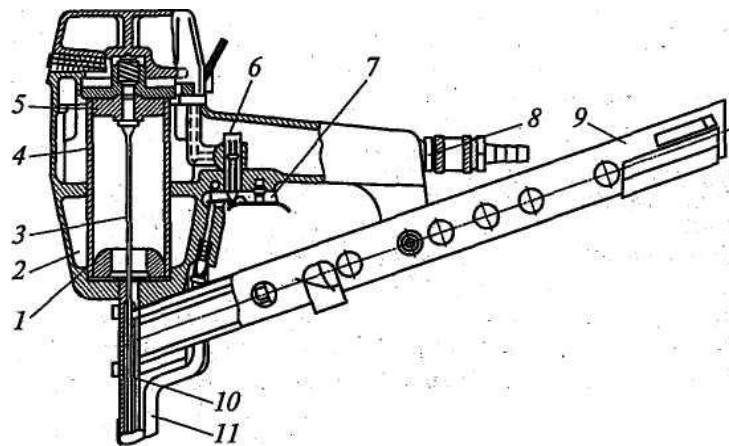
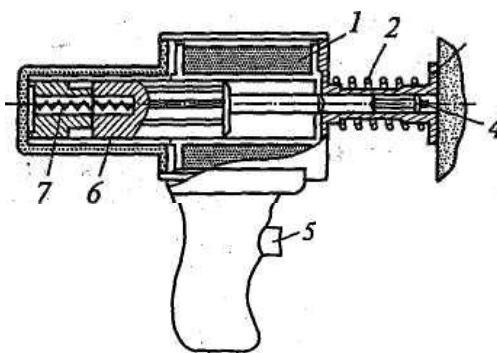


Рисунок 4.16. Гвоздезабивной пневматический пистолет

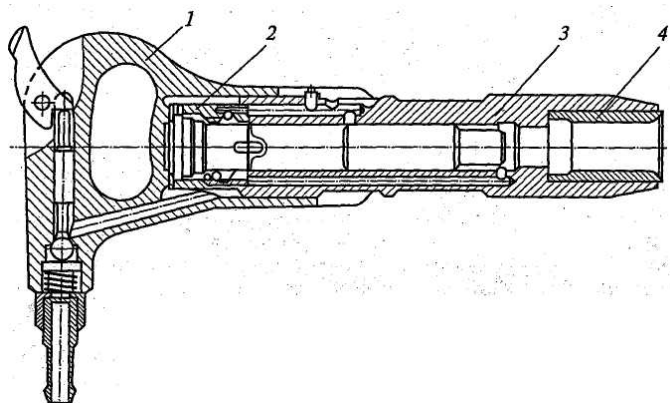
Электромагнитный монтажный пистолет (рисунок 4.17) используют для забивки дюбелей в основание из различных материалов. Они работают от выносных компактных электронных преобразователей с частотой менее 50 Гц. Энергию единичного удара (5...22 Дж) изменяют путем изменения частоты тока.



1 – силовая катушка; 2 – пружина; 3 – опорная плита; 4 – дюбель-гвоздь;
5 – выключатель; 6 – якорь-боек; 7 – возвратная пружина

Рисунок 4.17. Электромагнитный монтажный пистолет

Клепальные молотки предназначены для установки заклепок диаметром до 36 мм в отверстия соединяемых клепкой металлических конструкций и их пластического деформирования (осаживания) в холодном и горячем состояниях с образованием замыкающей головки. В качестве рабочего инструмента используют обжимки. Молотки работают в виброударном режиме. Наибольшее распространение получили пневматические клепальные молотки (рисунок 4.18), представляющие собой поршневые двухкамерные машины, обычно с клапанной системой воздухораспределения.



1 – рукоятка с пусковым устройством; 2 – золотниковое воздухораспределительное устройство; 3 – ствол с ударной парой;
4 – концевая буска

Рисунок 4.18. Пневматический клепальный молоток

Основными параметрами молотков являются: энергия единичного удара, частота ударов, ударная мощность и удельный расход воздуха. Для молотков холодной клепки с использованием заклепок из алюминиевых сплавов и малоуглеродистой стали Ст1кп значения этих параметров составляют до 13 Дж, 30...45 Гц, 400 Вт; 2,45 м³/(мин/кВт). Для молотков горячей клепки с использованием заклепок из стали 20 – соответственно 22,5...70 Дж; 8...80 Гц; 400...560 Вт; 2,45 м³/(мин/кВт). В последнее время созданы клепальные молотки с гидроприводом.

Пистолет монтажный поршневой ПЦ 52-1 предназначен для выполнения креплений различных конструкций и деталей путем забивания дюбелей в бетонные и железобетонные (до марки 400 включительно), стальные (с пределом прочности до 450 МПа), кирпичные, шлакобетонные, керамзитобетонные и другие строительные основания. С применением пистолета ПЦ52-1 можно производить: несъемные крепления путем непосредственной «пристрелки» дюбелями-гвоздями к строительному основанию (без предварительного выполнения отверстий) деталей и конструкций, изготовленных из стали толщиной от 1 до 6 мм, а также алюминия и его сплавов, дерева и деревоволокнитов, пластмассы и т. п.; съемные крепления путем предварительной забивки дюбелей-винтов с последующим закреплением на гайках деталей и конструкций; крепление электротехнического и санитарно-технического оборудования, прокладку трубо- и воздухопровода, крепление гидро-, звуко- и теплоизоляционных материалов, монтаж внутренних стен и перегородок, выполнение отделочных работ в промышленном и жилищно-гражданском строительстве, при постройке и ремонте судов, на гидротехнических сооружениях, в металлургии и т. п.

Поршневой пистолет позволяет вести безопасный и высокопроизводительный монтаж в любых пространственных положениях и независимо от погодных условий. Пистолет работает на принципе использования энергии расширяющихся пороховых газов. Забивка дюбеля 1, находящегося в направителе 2, осуществляется ударом поршня 3, который разгоняется по стволу 4 давлением пороховых газов. Разгон поршня под давлением происходит на участке 22-35 мм до скорости 50-90 м/с, после чего пороховые газы через рассекатель 5 сбрасываются в расширительные полости муфты 6. Дальнейшее движение поршня и забивка дюбеля происходит по инерции, при этом в конечный момент за счет сопротивления строительного основания скорость дюбеля падает до нуля. Для производства выстрела пистолет прижимается к месту забивки дюбеля чтобы направитель, действуя на амортизаторы 7 и рассекатель 5 сместил ствол 4 и патрон к плоскости наклона капсюля. Пистолет снабжен блокировками, исключающими случайный выстрел. Для безопасной работы пистолет ПЦ52-Г комплектуется специальными принадлежностями (очки, противошумные наушники, перчатки и каска), а также принадлежностями для его разборки сборки чистки и смазки, двумя стволами, которые устанавливаются в зависимости от применяемого патрона, поршневыми группами, прижимами и наконечниками.

Пистолетом ПЦ52-1 разрешается пользоваться лицам, прошедшим инструктаж и имеющим специальное удостоверение на право эксплуатации.

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма
Диаметр канала ствола, мм	10
Максимальная длина дюбелей, мм	100
Техническая производительность, выстрел/ч	50
Патрон, группа	Д; К
Гарантийная долговечность:	
для пистолета, выстрелов, не менее	25000
для каждого поршня, выстрелов, не менее	1000
Габаритные размеры с наконечниками № 1, мм.....	385×65×135
Масса, кг, не более	3,6

6.5 Ручные машины для разрушения прочных материалов и работы по грунту.

Для разрушения асфальтобетонных покрытий, мерзлых грунтов, скальных пород, элементов конструкций из различных строительных материалов (камня, кирпича, бетона), пробивки отверстий стенах и перекрытиях и т.п. применяют молотки и бетоноломы. Эти машины отно-

сятся к импульсно-силовым с возвратно-поступательным движением рабочих органов (пилы или зубила – у молотков, пики или лопаты – у бетоноломов). Они выполнены по одинаковым принципиальным схемам, но отличаются друг от друга энергией удара, которая у электрических молотков составляет 2... 25 Дж, а у бетоноломов 40 Дж при электрическом и 90 Дж при пневматическом приводах. По сравнению с молотками бетоноломы имеют также большую массу. В рабочем состоянии молоток может занимать произвольное положение относительно обрабатываемого материала, а бетонолом – только вертикальное или близкое к нему положение при работе сверху вниз.

В строительстве применяют преимущественно пневматические машины, которые значительно легче электрических и обладают большей энергией удара. Они менее энергоемки в изготовлении и не требуют использования дорогостоящих материалов, безопасны и просты в обслуживании и ремонте. Их недостатком является низкий КПД и большая стоимость энергии питания. Однако решающую роль в определении себестоимости единицы продукции играют трудовые затраты, определяемые техническими параметрами машины, в том числе массой и габаритными размерами.

В пневматическом рубильном молотке (рисунок 4.19) поступательное движение рабочего органа 1, закрепленного во втулке подвижного ствола 2, обеспечивается за счет ударов по его хвостовику бойком 3, перемещаемым в цилиндрической части 4 ствола путем попеременной подачи в нижнюю и верхнюю полости цилиндра сжатого воздуха. Клапанный механизм 7 воздухораспределения расположен в верхней части ствола. Рукоятка 5 молотка вместе с корпусом 10 виброизолирована пружиной 8, поступающим в камеру 9 сжатым воздухом и буфером 6.

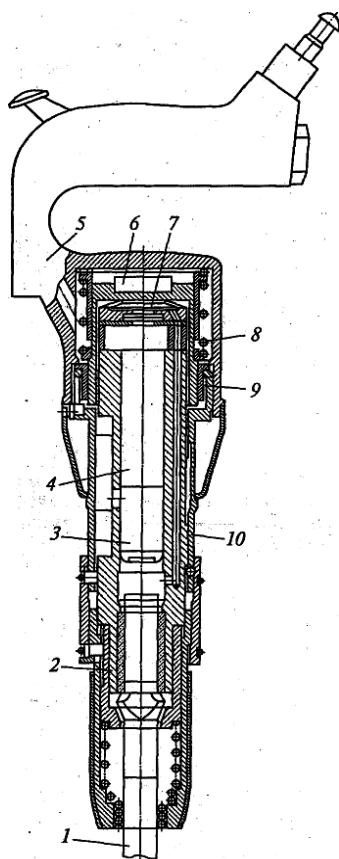


Рисунок 4.19.
Рубильный молоток

Отечественной промышленностью выпускаются молотки с энергией удара 8... 56 Дж с частотой соответственно 40... 10 Гц и массой 5,5... 11 кг.

6.5.1 Отбойные молотки и бетоноломы

Отбойные молотки МО8П, МО9П и МО10П (рисунок 4.20) предназначены для рубки, клепки, чеканки, обрубки поверхностей отливок, вырубки раковин, зачистки сварных швов и других операций.

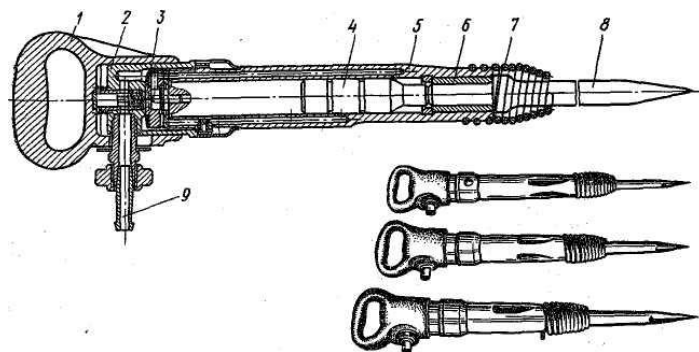


Рисунок 4.20. Пневматический рубильный молоток
МО8П, МО9П, МО10П

В зависимости от вида работ пневматические отбойные молотки выпускают трех модификаций: МО8П - для легкой чеканки и обрубки; МО9П - для средней чеканки, обрубки и клепки; МО10П - для обрубки поверхностей крупных отливок тяжелой чеканки.

На молотках установлен глушитель, предназначенный для снижения уровня шума, создаваемого отработавшим воздухом. Молотки МО8П, МО9П и МО10П состоят из ствола 5, рукоятки 7, ударника 4, золотниковой коробки 2, буксы для рубки 6, рабочего инструмента (пики) 8, удерживающей пружины 7. Ударник 4. Под действием сжатого воздуха совершает возвратно-поступательное движение в стволе 5.

В конце рабочего хода ударник 4 наносит удар по хвостовику рабочего инструмента, вставляемого в буксу для рубки 6. Рабочий инструмент (пика) удерживается от выпадания из буксы пружиной 7. Возвратно-поступательное движение ударника 4 осуществляется путем подачи сжатого воздуха в ту или другую сторону поршневой части ударника. Переключение подачи воздуха в ту или иную полость поршневой части ударника производится автоматически пластинчатым золотником 3, помещенным в золотниковой коробке 2.

К штуцеру 9 присоединяется шланг для подачи сжатого воздуха к молотку.

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма		
	МО8П	МО9П	МО10П
Рабочее давление воздуха в сети, МПа	0,5	0,5	0,5
Энергия удара, Дж	30	37	45
Число ударов в минуту	1600	1400	1200
Расход воздуха, м ³ /мин	1,25	1,25	1,25
Диаметр воздухопроводного шланга в свету, мм	16	16	16
Габаритные размеры хвостовика пики, мм:			
диаметр	24	24	24
длина	70	70	70
Габаритные размеры молотка, мм:			
длина	490	520	572
ширина	90	90	90
высота	170	170	170
Масса молотка, кг	8	9	10

Бетонолом ИП4602 (рисунок 4.21) предназначен для разработки мерзлых и твердых грунтов, ломки бетонных и асфальтовых дорожных покрытий, разрушения бетонных и кирпичных сооружений и других подобных работ. Бетонолом используется для механизации различных строительных и дорожных работ. На бетоноломе установлен глушитель, предназначенный для снижения уровня шума, создаваемого отработавшим воздухом. Бетонолом состоит из ствола 5, рукоятки 1, буксы 6, ударника 4, золотниковой коробки 2, диафрагмы 3, удерживающей пружины 7, рабочего инструмента 8.

Ударник 4 под действием сжатого воздуха совершает возвратно- поступательное движение.

В конце рабочего хода ударник 4 наносит удар по хвостовику рабочего инструмента, вставляемого в буксу 6. Возвратно-поступательное движение ударника осуществляется путем подачи сжатого воздуха по одну, или другую сторону ударника 4. Переключение подачи сжатого воздуха в ту или другую полость поршневой части ударника производится автоматически диафрагмой 3. К штуцеру 9 присоединяется шланг для подачи сжатого воздуха к молотку.

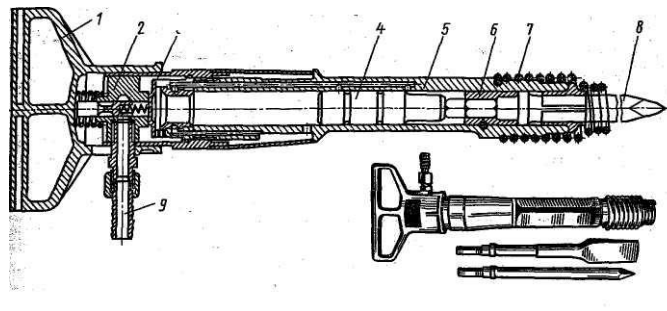


Рисунок 4.21. Бетонолом ИП4602. Общий вид

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма
Энергия удара, Дж	80
Число ударов в минуту	850
Рабочее давление воздуха в сети, МПа	0,5
Наибольший расход воздуха, м ³ /мин	1,6
Диаметр воздухопроводного шланга в свету, мм	18
Габаритные размеры бетонолома, мм:	
длина (без рабочего инструмента)	670
ширина	92
высота	255
Масса бетонолома (без рабочего инструмента), кг	16,7

Для образования глухих и сквозных скважин (горизонтальных, вертикальных, наклонных) в однородных грунтах до IV категории включительно применяют пневматические пробойники (для скважин диаметром 55... 300 мм) и раскатчики грунта (для скважин диаметром 55 ...2000 мм).

Пневматический пробойник (рисунок 4.22,а) работает в импульсно-силовом режиме. Он перемещается в грунте за счет возвратно-поступательного движения ударника 4, перемещающегося в корпусе 1 и наносящего удары либо по наковальне, передней части корпуса (при движении на скважину), либо по задней гайке 10 (при движении из скважины).

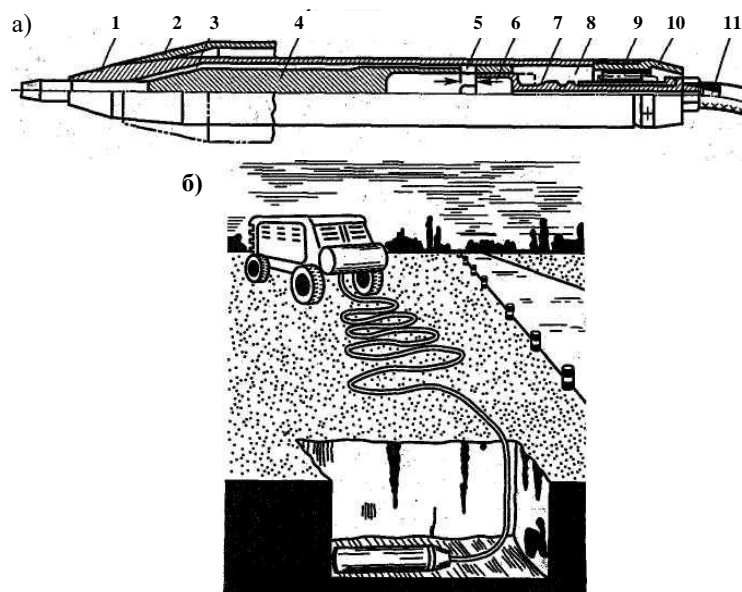


Рисунок 4.22. Пневматический пробойник (а) и горизонтальные проколы в грунте (б)

Движение в прямом направлении, на скважину, обеспечивается подачей сжатого воздуха от компрессора по гибкому шлангу 11 к патрубку 7 и далее, через камеру 6 и окна 5, в полость между ударником и передней частью корпуса – камеру 3. Из-за разности воспринимающих давление сжатого воздуха площадей со стороны камер 6 и 3 ударник перемещается вправо. В конце этого перемещения происходит выхлоп воздуха из камеры 3 через окна 5 в полость 8 и далее, через отверстия амортизатора 9, в атмосферу, вследствие чего ударник сначала останавливается, а затем, с возрастанием давления воздуха в камере 6 перемещается влево, нанося удар по наковальне.

Для возвратного движения (из скважины) вращением шланга 11 и соединенного с ним патрубка 7 последний вывинчивают из гайки 10, перемещая его в положение, показанное штриховой линией, увеличивая этим ход ударника в направлении к задней гайке до сообщения окон 5 с полостью 8 так, что выхлоп отработавшего воздуха происходит одновременно с ударом ударника по задней гайке. При перемещении же ударника в направлении передней части корпуса из-за амортизирующего действия находящегося в камере 3 воздуха удара по наковальне не происходит.

Импульсное перемещение пробойника в грунте является результатом разбаланса между генерируемыми ударами активными силами и силами трения корпуса о стенки скважины. При движении ударника в обратном направлении (после удара) этот баланс восстанавливается, и возвратного перемещения всего пробойника не происходит. Поэтому необходимым условием проходки скважины пробойником является наличие сил трения между корпусом и стенками скважины. Этим объясняется, в частности необходимость имитации указанных сил трения специальными устройствами при запуске машины.

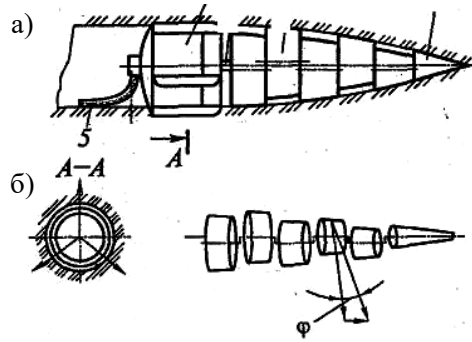
Горизонтальные проколы в грунте выполняют обычно из предварительно отрытых приямков (рисунок 6.22,б). Для предотвращения самопроизвольного вращения патрубка и изменения вследствие этого направления движения пробойника шланг от компрессора укладывают змейкой и заневоливают. В зависимости от прочности грунта и диаметра скважины последнюю пробивают несколькими проходками пробойника со сменными уширителями 2. Для проходки глухих скважин обязателен описанный выше реверс движения пробойника для его извлечения из скважины. В случае сквозных скважин могут быть применены более простые неререверсивные пробойники.

Пробойники применяют также для забивки металлических труб и анкеров, для глубинного уплотнения грунта, рыхления слежавшихся насыпных материалов и других подобных работ.

Основными параметрами пробойников являются: энергия удара на прямом ходу, частота ударов, диаметр и длина скважины, а также скорость проходки. Давление сжатого воздуха составляет 0,5 ... 0,7 МПа; а его удельный расход – 0,05 ... 0,22 м³(с/кВт). Пробойники отличаются простотой устройства и обслуживания. Основной недостаток – ограниченная область применения. Их используют для работы только в однородных нескальных грунтах немерзлого состояния с каменистыми включениями не более 0,15 м. При работе в неоднородных грунтах из-за боковых реактивных сил грунта возможно значительное отклонение пробойника от заданного курса.

Раскатчики грунта (рисунок 4.23) являются самодвижущимися машинами непрерывного действия, предназначенными для образования скважин в грунте методом его постепенного уплотнения рабочим органом в виде конических катков 3, установленных на шейках эксцентрикового вала 2.

Первый (направляющий) каток 4 свободно посажен на ось вала. Все остальные катки с возрастанием их диаметров от лидерного к замыкающему катку свободно посажены на шейки вала, каждая из которых, а, следовательно, и ось поддерживаемого ею катка, развернута относительно предыдущей шейки на угол φ так, что при вращении вала происходит завинчивание всего устройства в осевом направлении (на скважину) с одновременным уплотнением грунта в стенках скважины обкатывающимися по ним катками. Реактивный момент воспринимается замыкающим катком 1 с ребрами по его периферии. Вращение вала передается от встроенного в замыкающий каток мотор-редуктора, питаемого электроэнергией от внешнего источника через кабель 5.



а – принципиальная схема; б – схема разворота катков

Рисунок 4.23. Раскатчик грунта:

В диапазоне диаметров разрабатываемых скважин 55...250 мм мощность двигателя при скорости проходки 20 м/ч составляет 0,3...5,5 кВт, а масса машины до 150 кг. Масса наиболее мощных раскатчиков (для разработки скважин 2000 мм) достигает 25 т при мощности двигателя до 270 кВт. Они работают с частичной выемкой грунта, для чего их дооборудуют винтообразной лопастью на замыкающем катке.

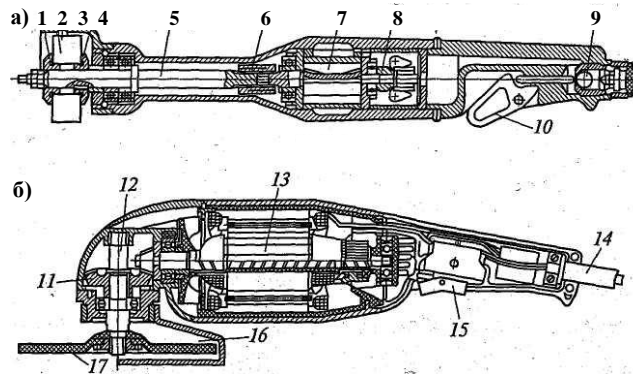
6.6 Ручные машины для шлифования материалов

Ручные шлифовальные машины по объему выпуска занимают второе место после ручных сверлильных машин, что объясняется большим разнообразием выполняемых ими операций и возможностью обработки самых различных материалов. Ими зачищают поверхности, сварочные швы, снимают грат после газовой резки металла, режут трубы и профильный металл, снимают фаски под сварку листового металла и труб, удаляют наплывы на металле, шлифуют изделия из металла, мрамора, гранита, зачищают ступени лестничных маршей и т.п. Ручные шлифовальные машины относятся к непрерывно-силовым и могут быть с вращательным, замкнутым и сложным движениями рабочего органа. В качестве приводов используют пневматические и электрические двигатели всех трех классов защиты от поражения электрическим током.

По конструктивному исполнению шлифовальные машины могут быть: с вращательным движением рабочего органа – прямыми, угловыми, торцовыми и с гибким валом; машины с замкнутым движением – барабанного типа; машины со сложным движением – площадочного типа.

В строительстве используют преимущественно машины вращательного движения. В качестве рабочего инструмента в прямых и угловых машинах и головках (в случае машин с гибким валом) применяют абразивные круги, эластичные диски, металлические щетки, а также войлочные, фетровые и хлопчатобумажные круги, реже шлифовальные шкурки на матерчатой основе. Главным параметром прямых и угловых машин и головок является диаметр абразивного круга (40...160 мм – для прямых и 80...230 мм – для угловых).

Прямая пневматическая и угловая электрическая ручные шлифовальные машины приведены на рисунке 4.24. Ротационный пневмодвигатель 7 (см. рисунок 4.24,а) пневматической шлифовальной машины с прямым вращением рабочего органа – шпинделя 5 приводится в движение сжатым воздухом, поступающим от компрессора через пусковое устройство и центробежный регулятор частоты вращения после открывания впускного клапана 9 нажатием на курок 10.



а – прямая пневматическая; б – угловая электрическая

Рисунок 4.24. Ручные шлифовальные машины

Вращательное движение шпинделю передается непосредственно от вала пневмодвигателя через муфту 6. Абразивный круг 2 закрепляют на конце шпинделя, зажимая его между двумя фланцами 1 и 4. Для защиты от поражения осколками абразивного круга в случае его возможного разрушения абразивный круг закрывают кожухом 3 на половину его диаметра.

В *угловой шлифовальной машине* (рисунок 4.24,б) встроенный в ее корпус электродвигатель 13 питается электроэнергией от внешнего источника, с которым он соединен кабелем 14. Включают двигатель выключателем 15. Вращение шпинделю 12 с закрепленным на его конце рабочим инструментом 17 передается от электродвигателя через одноступенчатый конический редуктор 11. Как и в случае прямой машины, рабочий инструмент защищен на половину его диаметра кожухом 16.

Шлифовальная машина с гибким валом (рисунок 4.25,а) состоит из вынесенного электродвигателя 1 и двух сменных головок - прямой (рисунок 4.25,б) и угловой (рисунок 4.25,в). Вращательное движение шлифовальным головкам от электродвигателя передается гибким валом 3, который соединен с двигателем кулачковой муфтой 2 одностороннего вращения.

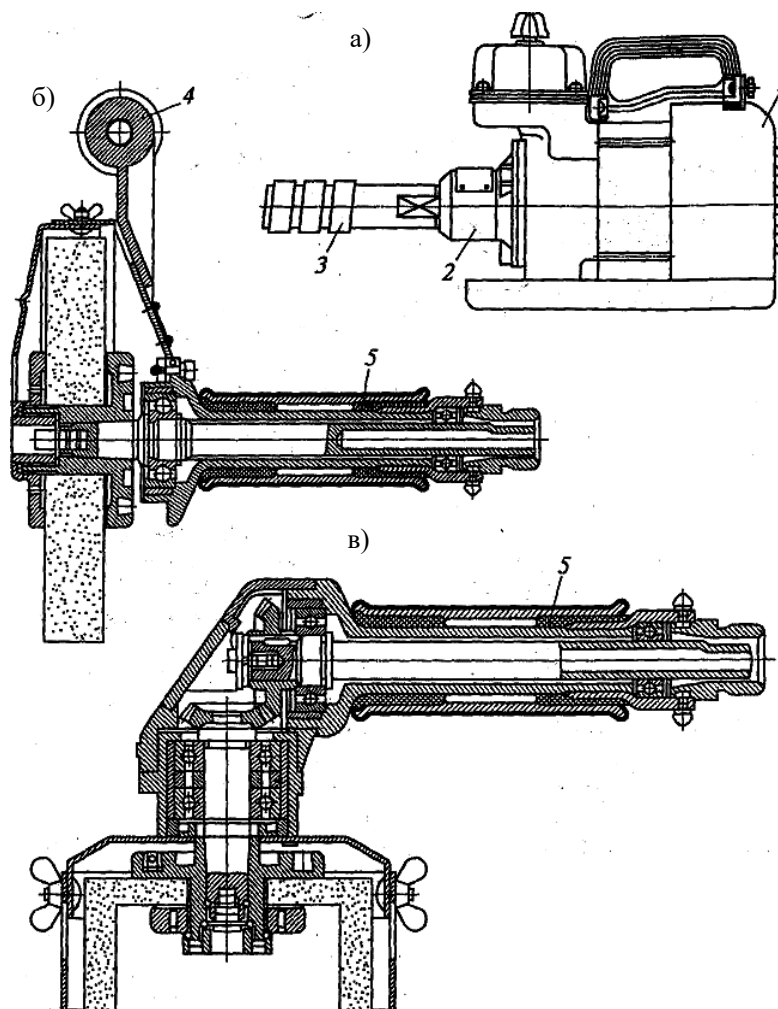
В случае включения двигателя на реверсивное движение муфта отключает гибкий вал от двигателя, предохраняя его от возможного повреждения при таком включении. Другой конец гибкого вала соединяется с одной из указанных выше шлифовальных головок. Оператор удерживает шлифовальную головку за рукоятку 5 (см. рисунки 4.25,б,в), облицованную виброзащитным слоем на резиновой основе. Прямая головка снабжена, кроме того, дополнительной рукояткой 4 для прижатия рабочего инструмента к обрабатываемой поверхности.

Эффективность работы шлифовальных машин в значительной мере зависит от режима работы, прежде всего, от стабилизации частоты вращения рабочего органа при изменении внешней нагрузки, а также от прочности и износостойкости рабочего инструмента. В машинах с асинхронными электрическими двигателями стабильность частоты вращения обеспечивается жесткой механической характеристикой самого двигателя, а в машинах с коллекторными двигателями, имеющими мягкую механическую характеристику, для этой цели применяют электронные регуляторы, дублированные независимыми центробежными предохранительными устройствами. Их устанавливают на валу якоря двигателя. Они отключают питание двигателя от сети при превышении номинальной частоты вращения более чем на 15 %. Эта мера вызвана необходимостью предотвратить разрыв шлифовального круга при предельной частоте его вращения на холостом ходу в случае выхода из строя электронного регулятора.

В машинах с пневматическими двигателями частоту вращения стабилизируют центробежными регуляторами 8 (см. рисунок 4.24,а), частично перекрывающими входное отверстие для сжатого воздуха, поступающего в двигатель, при повышении его частоты вращения и тем самым уменьшающим последнюю.

Шлифовальные круги используют в качестве основного вида рабочего инструмента при работе шлифовальных машин с вращательным движением рабочего органа. Они состоят из естественных или искусственных абразивных кристаллов высокой твердости и прочности и керамической, бакелитовой или вулканитовой связок. Круги с керамической связкой обладают высокой прочностью и износостойкостью, не засаливаются и легко режут металл, но чувствительны к ударным нагрузкам и нагрузкам на изгиб и не применяются для работы с окружной скоростью более 35 м/с. Круги с бакелитовой связкой обладают высокой прочностью и упругостью, что позволяет изготавливать их толщиной менее 1 мм и работать со скоростью до 75 м/с

при выполнении отрезных операций. Круги с вулканитовой связкой более упруги, они эластичны, обладают высокой режущей способностью, но имеют низкую теплостойкость, из-за чего их рабочие скорости не превышают 18 м/с.



а – с гибким валом, б – с прямой головкой, в – с угловой головкой

Рисунок 4.25. Ручная шлифовальная машина с гибким валом и сменными головками

Для резки различных материалов применяют армированные отрезные круги, состоящие из электрокорунда или карбида кремния, бакелитовой связки, стеклосетки и металлической втулки для точной посадки круга на шпиндель машины. Допустимая скорость этих кругов 80...110 м/с. Армированные круги обладают повышенной стойкостью на излом при боковых нагрузках. При резке круг подают нарезаемую деталь так, чтобы плоскость его вращения была перпендикулярна разрезаемой поверхности, а при зачистке угол между плоскостью вращения круга и зачищаемой поверхностью должен быть в пределах 15...40°. Плоско- и ленточно-шлифовальные машины применяют для выполнения доводочных работ. В плоскошлифовальной машине рабочий орган в виде платформы с закрепленной на ней шлифовальной шкуркой совершает сложное, возвратно-поступательное или орбитальное плоскопараллельное движение в плоскости обработки. Основными параметрами этих машин являются размер платформы и частота возвратно-поступательных движений.

Рабочим органом ленточно-шлифовальной машины является натянутая на два барабана (приводной и натяжной) бесконечная абразивная лента, совершающая движение по замкнутой траектории. Основными параметрами этих машин являются размеры абразивной ленты и скорость ее движения. Оба типа машин оборудуют устройствами для отсоса пыли – продуктов шлифования.

4.7 Ручные машины для резки, зачистки поверхностей и обработки кромок материалов

Для разрезания как гладкого, так и гофрированного листового металла, арматуры и других материалов применяют вырубные, ножевые, прорезные, дисковые и рычажные ножницы с электрическим, пневматическим или гидравлическим приводом. Наибольшее распространение в строительстве получили врубные и ножевые ножницы, пригодные для резки металла толщиной до 4 мм, в то время как, например, дисковые ножницы способны разрезать металл толщиной не более 1 мм.

Вырубные ножницы обеспечивают точность раскроя, чистоту реза и ровность кромок. Рабочим органом врубных ножниц служит ползун 3 (рисунок 4.26) с закрепленным в нем пуансоном 2, совершающий возвратно-поступательное движение от электрического или пневматического двигателя через редуктор (на рисунке 4.26 не показан), эксцентриковый вал 5 и шатун 4. В процессе резания используется принцип долбления. При разрезании листового материала "от края" его заводят в щель между матрицей 1 и пуансоном 2, после чего включают двигатель и, по мере врубания прорези шириной, равной диаметру рабочей части пуансона, перемещают машину по размеченному для врубки контуру. За каждый ход пуансона снимается стружка серповидной формы. При врубании люков и окон в середине листовой заготовки сначала на границе врубаемого контура просверливают отверстие, в которое заводят держатель с матрицей, после чего работают по описанной выше схеме. Разновидностью врубных ножниц являются кромкорезы, предназначенные для подготовки кромок деталей под сварку.

Ножевые ножницы предназначены для резки листового металла в основном от края листа. Приводная часть ножевых ножниц унифицирована с врубными ножницами. Режущая головка (рисунок 4.27) состоит из подвижного 8 и неподвижного 6 ножей закрепленных соответственно в ползуне и на улитке 7. Металл разрезают в результате возвратно-поступательного движения подвижного ножа при ручной подаче во время его холостого хода. Неподвижные ножи могут иметь наклонную, как показано на рисунке 6.27, или перпендикулярную направлению движения подвижного ножа режущую кромку. В последнем случае снижается усилие ручной подачи. Скорость резания ножевыми ножницами выше, чем врубными.

Производительность ножевых ножниц

$$\Pi = \frac{K n (2e - f)}{1000 \cdot \operatorname{tg} \beta},$$

где Π - производительность ножевых ножниц, м/мин; K - коэффициент отдачи ($K = 0,7 \dots 0,9$); n - частота двойных ходов подвижного ножа в минуту; e - эксцентриситет эксцентрикового вала, мм;

f - коэффициент, учитывающий упругую деформацию деталей механизма головки, мм ($f = 1,1$ мм); β - угол между кромками ножей в вертикальной плоскости.

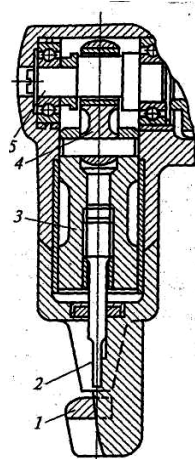


Рисунок 4.26. Врубные ножницы

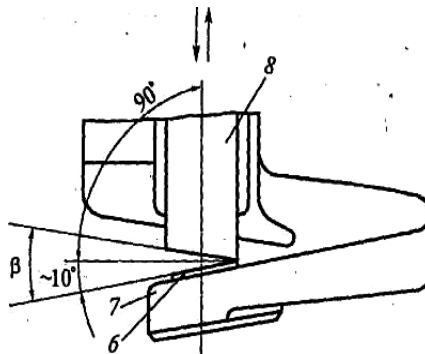


Рисунок 4.27. Режущая головка ножевых ножниц

Машины и оборудование для резки труб

Для резки труб диаметром до 1200 мм и обработки фасок на их торцах под сварку применяют труборезы с рабочим инструментом в виде резцов, абразивных отрезных кругов, дисков, ножевых и ленточных полотен.

Труборезы с резцовым инструментом имеют электрический или пневматический двигатель мощностью 0,6 кВт и рабочую головку с планшайбой и закрепленными на ней резцами. Планшайбу с отверстием в ее средней части закрепляют на трубе. Последнюю обрабатывают путем вращения планшайбы и радиальной подачи резцов. Труборезы этого типа (массой до 26 кг) обрабатывают трубы из углеродистых сталей диаметром 15... 20 и 245... 273, мм при толщине стенок 5... 25 мм.

Труборезы с рабочим инструментом в виде абразивного круга для обработки труб диаметром 150...1200 мм с толщиной стенок до 15 мм чаще всего изготавливают на базе угловых шлифовальных электрических ручных машин, устанавливаемых на специальных каретках, обкатывающихся по окружности трубы.

Труборез монтажный СТД120 (рисунок 4.28) предназначен для отрезки водогазопроводных труб при выполнении монтажных и ремонтных работ в условиях строительной площадки. Труборез имеет открытый зев, что позволяет производить отрезку трубы в любом месте.

Труборез состоит из корпуса 5, редуктора 4, конической шестерни 6, ведущей шестерни 3, кронштейнов 9. Корпус крепится на сверлильную машину хомутом 1. Кронштейны 9 установлены на ведущей шестерне 3. Коническая шестерня имеет хвостовик с конусом Морзе № 1 для фиксации в шпинделе сверлильной машины. Разрезаемая труба зажимается в призах вращением гайки 11 и винта 12. Привод трубореза осуществляется от сверлильной машины ИЭ1022А. Вращение от сверлильной машины к ножу 10 передается через коническую шестерню, редуктор, ведущую шестерню, на которой установлены кронштейны 9. Ножи 10 и гайки 8 расположены на одной резьбовой оси. При вращении кронштейнов 9 гайки 8 поочередно наталкиваются на упор 2, тем самым вращательное движение гаек преобразуется в поступательное движение ножей.

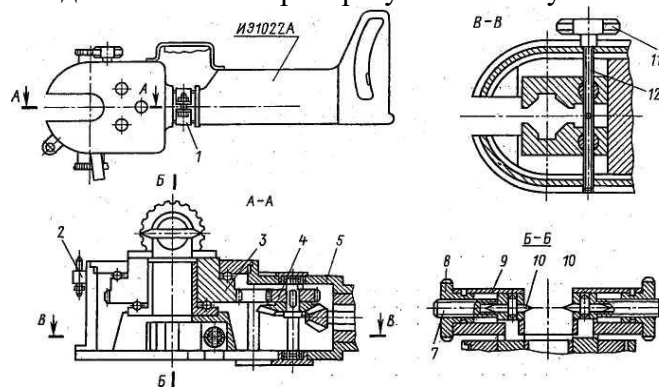


Рисунок 4.28. Труборез монтажный СТД120
Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма
Диаметры разрезаемых труб, мм	15 — 35
Число оборотов ножей, об/мин.	120
Электродвигатель (коллекторный):	
номинальная мощность, Вт.	250
ток	переменный, однофазный
напряжение, В	220
частота тока, Гц	50
Габаритные размеры, мм:	
длина	530
ширина	137
высота	250
Масса, кг	14

Пила дисковая С488 (рисунок 4.29) предназначена для резки труб, листового металла, прутков и профильного проката.

Может быть использована при выполнении заготовительных, слесарных и монтажных работ в строительстве и машиностроении.

Пила состоит из шпинделя 3, редуктора 2, рабочей рукоятки 7, корпуса 5, в который вмонтирован коллекторный однофазный электродвигатель.

На валу якоря электродвигателя насажен вентилятор 4, предназначенный для его охлаждения. В рабочую рукоятку 7 вмонтирован курковый выключатель с фиксатором 6. Вращение от вала якоря через редуктор передается червяку 1, который входит в зацепление с червячным колесом 10. На ось червячного колеса насажена дисковая пила 9.

Верхняя часть дисковой пилы закрыта кожухом 8, предназначенным для предохранения монтажника-оператора от повреждений.

Дисковой пилой можно резать трубы диаметром до 60 мм, пила при этом обкатывается вокруг разрезаемой трубы.

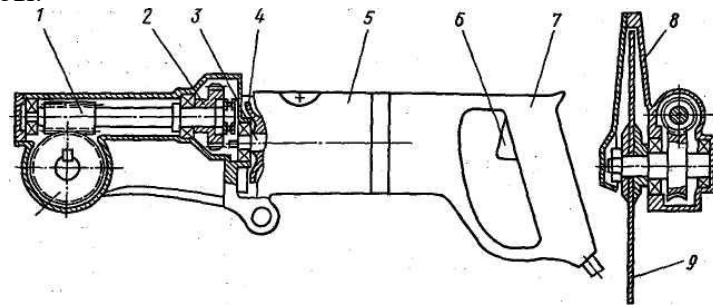


Рисунок 4.29. Пила дисковая С488

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма
Наибольшая толщина разрезаемого материала, мм	60
Диаметр пильного диска (фрезы), мм	200
Толщина пильного диска, мм	2,5
Число оборотов шпинделя в минуту	64
Электродвигатель (коллекторный):	400
номинальная мощность, Вт	
число оборотов, мин ⁻¹	11600
режим работы	продолжительный
ток	переменный, однофазный
напряжение, В	220
частота тока, Гц	50
Габаритные размеры пилы, мм:	
длина	540
ширина	94
высота	205
Масса пилы, кг	5,3

Ножовка ОЭС840 (рисунок 4.30) предназначена для разрезки труб и различных профилей проката, вырезки дефектных участков труб и других подсобных работ. Ножовка состоит из шпинделя 5, электродвигателя, вмонтированного в корпус 6, рукоятки 7. Редуктор 4 расположен в корпусе 8. В верхней части корпуса установлено ограничительное приспособление 2. Питание электродвигателя осуществляется от переносных преобразователей частоты тока или от специальной сети трехфазного переменного тока частотой 200 Гц и напряжением 36 В. Вращательное движение от шпинделя электродвигателя через редуктор и специальный эксцентрик 3 преобразуется в поступательное движение ножовочного полотна 1. Ограничительное приспособление 2 одновременно является упором в зоне разрезаемого изделия.

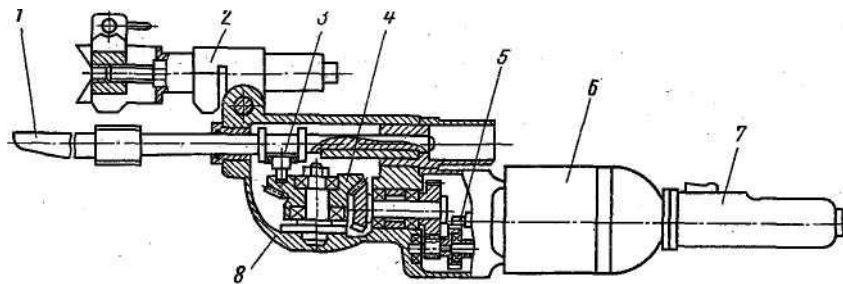


Рисунок 4.30. Ножовка ОЭС-840

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма
Разрезаемый прокат:	
диаметр труб, мм.....	28 ... 200
сталь угловая.....	№ 2 ... № 11
швеллер.....	№ 5 ... № 20
балки двутавровые.....	№ 10 ... № 20
Длина хода ножовочного полотна, мм ...	60
Электродвигатель (асинхронный с короткозамкнутым ротором):	
номинальная мощность, Вт.....	600
режим работы	продолжительный
ток.....	переменный, трехфазный
напряжение, В	36
частота тока, Гц	200
Габаритные размеры, мм:	
длина.....	650
ширина.....	140
высота	225
Масса машины, кг	10,2

Шаберы используют для чистовой обработки поверхностей и кромок металлических деталей. Шаберы совершают возвратно-поступательное движение с размахом 20 мм и частотой 20 Гц. Привод может быть электрическим или пневматическим с эксцентриковым преобразовательным механизмом.

Для очистки труднодоступных металлических поверхностей и кромок применяют **зачистные молотки** виброударного действия с рабочим инструментом в виде зубила (зубильно-зачистные молотки) и пучка стальных подвижных игл, встроенных в промежуточный поршень, на который воздействует ударник (пучковые зачистные молотки). Наибольшее распространение получили пневматические зачистные молотки с энергией удара 1...8 Дж и частотой ударов 60 Гц.

Цепные ручные пилы используют в основном для поперечной распиловки древесины инструментом в виде цепи с режущими и скалывающими звеньями, огибающей ведущую и натяжную звездочки и движущейся по замкнутой траектории в плоскости рабочей шины. В качестве приводных двигателей наиболее часто используют двухтактные ДВС и электрические коллекторные двигатели с двойной изоляцией. В последнее время в этих машинах применяют также гидропривод. Основными параметрами цепных пил являются: наибольший диаметр распиливаемой древесины (до 600 мм и более), длина рабочей шины, ширина пропила и скорость движения цепи.

Цепные ручные пилы используют также для резания кирпичной кладки и других каменных материалов, для чего режущие части зубьев цепей армируют твердосплавными вольфрамо-кобальтовыми пластинками.

Ножовочные ручные пилы применяют как для прямолинейного, так и для фасонного (криволинейного с использованием гибких ножовочных полотен) резания дерева, пластмасс и металлов. Их рабочим инструментом является ножовочное полотно с горизонтальным (ножовка)

или вертикальным (лобзик) расположением. При распиловке рабочий инструмент движется возвратно-поступательно, совершая рабочий ход в одном направлении и холостой ход в обратном направлении при ручной подаче в направлении распила. Ножовочные полотна весьма чувствительны к изгибным нагрузкам, особенно при распиловке металлов, поэтому для предотвращения их поломки плоскость полотна располагают строго перпендикулярно к распиливаемой поверхности.

В приводах ножовочных ручных пил наиболее часто используют электрические и пневматические двигатели, кривошипно-шатунные и эксцентриковые механизмы для преобразования вращательного движения вала двигателя в возвратно-поступательное движение рабочего органа – ползуна – с закрепленным на нем ножовочным полотном. При использовании ножовочных ручных пил для резки металлических труб и профильного металла их комплектуют специальными зажимными приспособлениями.

К основным параметрам ножовочных ручных пил относятся: размеры распиливаемых материалов, ширина или глубина пропила, ход (20...60 мм) и частота ходов (до 350 мин при обработке металлов и до 3800 мин при обработке дерева) ножовочного полотна. Машины для фасонной резки характеризуют также минимальным радиусом пропила на закруглениях, который составляет для древесины и пластмасс 15... 30 мм.

Долбежники (рисунок 4.31) предназначены для выборки пазов и гнезд прямоугольного поперечного сечения в деревянных изделиях. Долбежник представляет собой разновидность цепной пилы, установленной на опорных стойках 3 с возможностью вертикальной подачи вниз оператором с помощью рычажной рукоятки 1. В исходное положение машина возвращается пружинами 4. В приводах долбежников чаще всего используют электрические асинхронные двигатели 2. Машину закрепляют на обрабатываемой детали (изделии) крепежными устройствами 5. В рабочем режиме рабочая шина 6 с долбежной цепью своим торцом врежется в обрабатываемую деталь, оставляя после ее возврата в исходное положение готовый паз (гнездо), по форме и размерам соответствующий поперечному контуру торцевой части рабочей шины. Для образования пазов большой ширины применяют шины с многорядными цепями.

Фрезерные машины вращательного действия применяют для образования углублений в различных материалах (металле, дереве, пластмассах и др.). Рабочим инструментом фрезерной машины является фреза для радиального или торцевого фрезерования. Наиболее широко используют машины с пальцевыми фрезами, закрепляемые на шпинделе машины цанговыми захватами. Фрезерная машина этого типа представляет собой фрезерную головку, перемещаемую оператором с помощью рукояток по вертикальным цилиндрическим направляющим. Наиболее часто в этих машинах используют электропривод мощностью 0,6...2 кВт. Фрезерные машины оснащены электронной системой защиты от перегрузок, устройством плавного регулирования частоты вращения шпинделя, устройствами для регулирования глубины фрезерования.

Разновидностью фрезерных машин для обработки каменных материалов являются **бороздоделы**, предназначенные для образования борозд и пазов в бетоне, железобетоне и кирпиче при выполнении санитарно-технических, электромонтажных, штукатурных, облицовочных и каменных работ, в том числе для образования отверстий и выборки гнезд под розетки, выключатели и распределительные коробки. Основным рабочим инструментом является дисковая фреза с алмазными зубьями, защищенная кожухом, сменным инструментом - сверлильная насадка для шлямбурных резцов с забурником с твердосплавными пластинами. Основными параметрами являются ширина и глубина паза, образующегося за один проход. Бороздоделы приводятся в движение электрическими двигателями мощностью от 270 Вт и более. Их оснащают устройствами для водяного охлаждения инструмента и отсоса пыли.

В начале рабочего процесса бороздодел врежется в обрабатываемый материал на полную глубину, после чего его перемещают вручную вдоль разметки паза. Для облегчения перемещения бороздоделов оснащают роликовыми опорами.

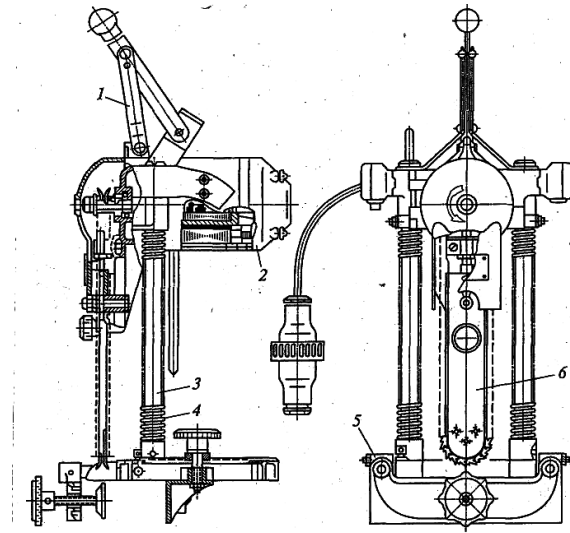


Рисунок 4.31. Долбежник

Рубанки (рисунок 4.32) предназначены для строгания различных деревянных изделий. Рабочим органом служит вращающийся барабан 8 с закрепленными на его периферии двумя ножами, приводимый в движение электродвигателем 4 через клиноременную передачу или зубчатый редуктор.

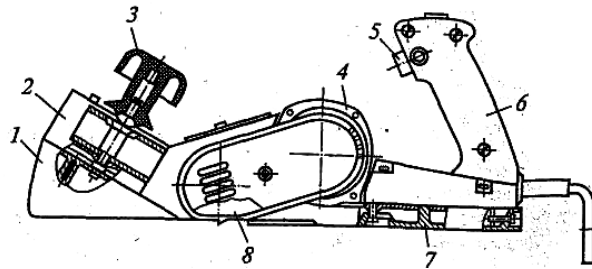


Рисунок 4.32. Электрорубанок

Корпус 2 рубанка с рукояткой 6 и пусковым устройством 5 в задней части опирается на заднюю плиту 7 и переднюю опору 1. Толщину снимаемой стружки регулируют винтом 3, изменяющим высотное положение опоры 1. Основными параметрами рубанков являются ширина (75... 160 мм) и глубина (1... 3 мм) строгания за один проход.

Для строгания рубанок перемещают вручную по обрабатываемой поверхности в пределах захватки, после чего его возвращают на исходную позицию для строгания смежной полосы или повторного прохода по прежней полосе. Рубанок можно использовать также в стационарном варианте, установив его неподвижно на верстаке ножами вверх и перемещая вдоль него обрабатываемую деталь. Для этого верстак оборудуют горизонтально установленными плоскими направляющими строго в плоскости опорных плит рубанка. Рабочие органы машин для обработки древесины имеют множество острых кромок, движущихся с высокой скоростью, в связи с чем эти машины являются средствами повышенной опасности. В числе мер их безопасной эксплуатации органы управления этими машинами выполняют таким образом, чтобы движение рабочему органу передавалось только при удержании пускового устройства (курка, рукоятки) пальцем руки оператора, а при его отпуске машина останавливалась бы. Эта мера исключает возможность работы неуправляемой машины. Защитные кожухи пил и стационарных рубанков закрывают рабочие органы и инструменты на холостом ходу. По окончании процесса резания они автоматически возвращаются в исходное положение.

6.8 Механизмы для вальцевания конденсаторных трубок.

Вальцовки бортовочные ВБ и крепежные ВК (рисунки 4.33 и 4.34). Вальцовки бортовочные (рисунок 4.33) предназначены для развальцовки концов труб с одновременной отбортовкой. Вальцовки крепежные (рисунок 6.34) предназначены для развальцовки концов труб без отбортовки. Вальцовка ВБ (рисунок 6.33) состоит из цилиндрических роликов 5, конических роли-

ков 4, корпуса 2 и двух шарикоподшипников 3.

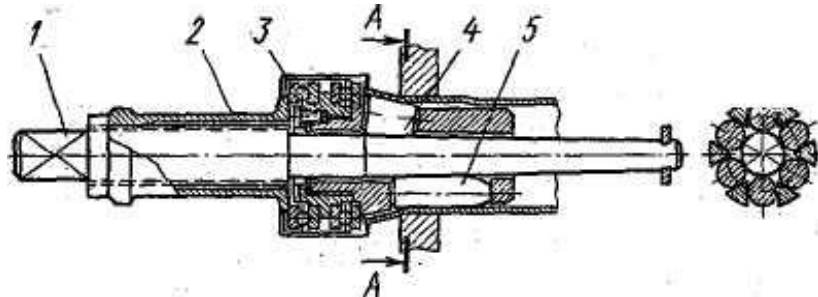


Рисунок 6.33. Вальцовки бортовочные ВБ

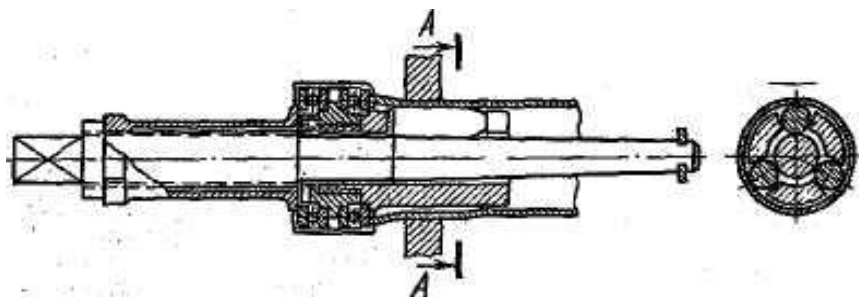


Рисунок 4.34. Вальцовки крепежные ВК

Развальцовка трубок осуществляется как вручную с помощью воротка, так и при помощи развальцовочной машины. Привод устанавливается на хвостовик 1 корпуса вальцовки. При помощи роликов 5 производится развальцовка концов трубок и отбортовка конических роликов 4. Крепежные вальцовки ВК производят только развальцовку концов труб без отбортовки. Вальцовки бывают нескольких типоразмеров.

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма для вальцовки:			
	ВБ 32×20	ВБ 51×2,5×16	ВК 32×3×20	ВК 5×2,5×16
Толщина трубной доски, мм	20	16	20	16
Предел вальцевания, мм	24,5-28	44,5-48	26,5-30	46-50
Масса, кг	0,88	2,42	0,88	2,21

Вальцовка КВБ (рисунок 4.35) предназначена для развальцовки концов труб с одновременной отбортовкой, вальцовка КВК – без отбортовки. Вальцовка КВБ состоит из конуса 2, корпуса 1 и комплекта роликов 3, 4. В комплект роликов входят: для вальцовок КВБ – один ролик длинный, два ролика укороченных и два ролика бортовочных; для вальцовок КВК – три ролика одинаковой длины. В качестве механического привода вальцовок применяются машинка, а также электромотор с редуктором и гибким валом, частота вращения которого не более 60 об/мин.

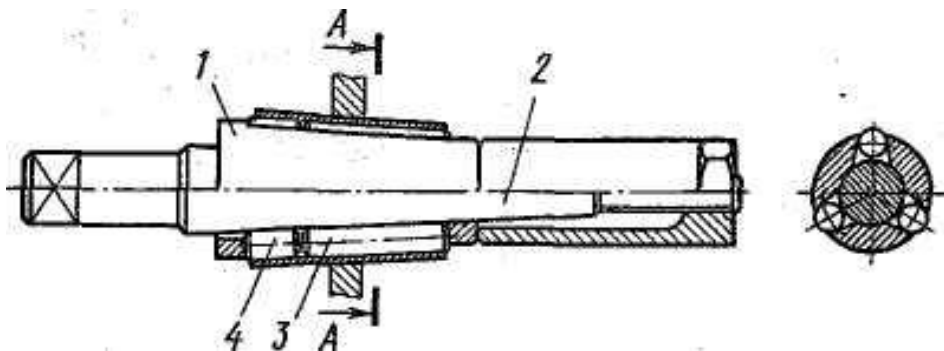


Рисунок 4.35. Вальцовка косая КВБ

В единичных случаях допускается вальцовка труб вручную с помощью воротка.

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма для вальцовки типа:		
	КВБ-38×2	КВБ-51×2	КВК-83×3
Толщина трубной доски, мм	20	20,35	35
Максимальная раздача роликов мм	31-35,5	43-48	75-82
Диаметр труб (внутренний/наружный), мм	32/38	46/51	75/83
Масса, кг	1,075	1,48	5,567

Вальцовочная машина ИП4802 (рисунок 4.36) предназначена для разделки концов труб диаметром до 50 мм, развальцовкой их во фланцах при монтаже трубопроводов или в трубных досках при изготовлении котлов и различной аппаратуры. На машине установлен центробежный регулятор числа оборотов.

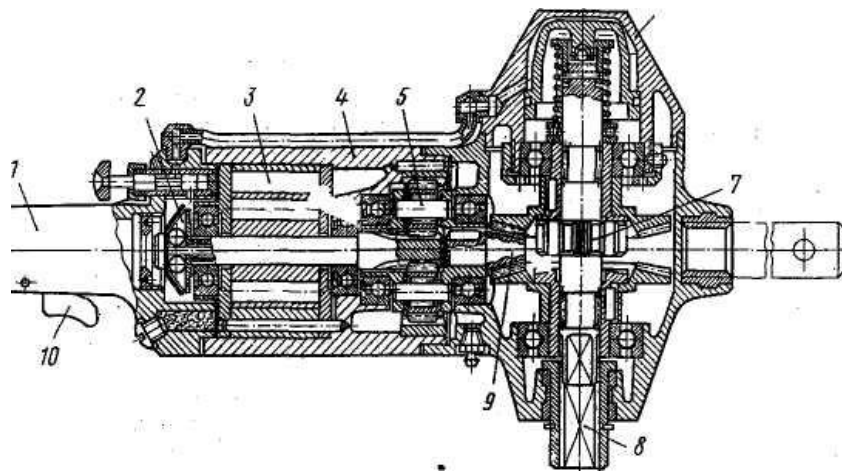


Рисунок 4.36. Развальцовочная машина ИП4802

Машина состоит из пневматического ротационного двигателя 3, регулятора частоты вращения 2, планетарного 5 и конического 9 редукторов, шпинделя 8, рукоятки / со встроенным пусковым устройством 10.

Вращение от ротора двигателя через планетарный и конические редукторы передается шпинделю машины. Для осуществления автоматического реверсирования развальцовки имеется реверсирующий механизм 7, расположенный в корпусе 6. Рукоятка 1 и корпус 6 присоединены к корпусу машины 4 винтами. Для установки развальцовочного инструмента шпиндель 8 имеет конус Морзе № 2. В случае установки инструмента с квадратным хвостовиком в шпиндель ставится переходник.

Техническая характеристика

Наименование показателя	Норма
Наибольший диаметр вальцуемых труб, мм	50
Число оборотов шпинделя в минуту:	
на холостом ходу	340
под нагрузкой	200
Двигатель:	
тип	пневматический, ротационный
наибольшая мощность на шпинделе, кВт	1,8
рабочее давление воздуха в сети, МПа	0,5
расход воздуха, м³/мин	1,9
Габаритные размеры машины, мм:	
длина	675
ширина	218

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ И ВЫБОРА ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН И УСТАНОВОК

5.1 Грузозахватные устройства

Грузозахватные устройства предназначены для крепления поднимаемого или перемещаемого груза к крюку грузоподъемного механизма. Грузозахватные устройства, применяемые на монтаже систем ТГС и вентиляции, подразделяются на стропы, траверсы, мягкие захваты и клещевые захваты.

Стропы. Стропами называются отрезки мягких стальных канатов или цепей, предназначенных для крепления груза к крюку лебёдки, крана или другого грузоподъемного механизма.

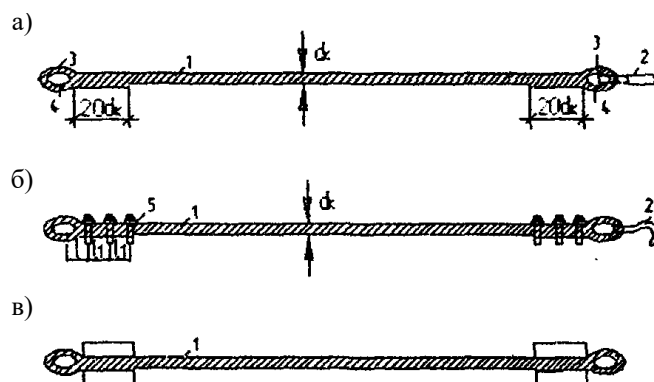
В практике монтажа систем ТГС и вентиляции наибольшее распространение получили стропы облегчённые, универсальные и многоветвевые. Облегчённые стропы изготавливаются из куска каната, на концах которого образуются либо петли, либо крюки в зависимости от назначения стропа. Петлю образуют посредством сплётки каната, или, чаще, постановкой сжимов. Внутри петли заделывают коуш, который предохраняет канат от резких перегибов и перетераний. Коуши изготавливают из листовой стали путём штамповки.

Основные размеры коушей приведены в таблице 5.1. Длина сплётки должна быть не менее $20 \cdot d_k$ (d_k - диаметр каната). Если же петли образуются путём установки сжимов, то количество сжимов и расстояние между ними принимаются в зависимости от типа сжимов и диаметра каната.

Таблица 5.1 - Основные размеры и масса штампованных коушей

Диаметр каната d , мм	5,7-7	7-8,6	8,6-10,2	10,2-12,5	12,5-15,5	15,5-18,5	18,5-22	22-25,5	25,5-30
D , мм	25	30	34	40	45	56	63	75	85
B , мм	12	14	18	20	24	28	32	38	42
A , мм	41	50	56	65	74	92	104	125	142
e , мм	62	74	84	100	115	144	160	190	225
Масса, кг	0,035	0,058	0,11	0,15	0,20	0,40	0,55	0,97	1,32

Облегчённые стропы различных конструкций представлены на рисунке 5.1.



- а) соединение концов каната путём сплётки;
 б) соединение концов каната установкой сжимов;
 в) соединение концов каната установкой гильз с последующей их отпрессовкой.
 1-канат, 2-крюк, 3-петля, 4-коуш, 5-сжимы, 6-гильзы;

Рисунок 5.1. Схема облегчённых строп:

Самый распространённый тип сжимов - обыкновенные сжимы с планкой и рожковые. Конструкция этих сжимов, основные размеры, масса, число сжимов и расстояние между сжимами даны в таблицах 7.2 и 7.3.

Для всех типов сжимов дужка сжима всегда должна располагаться со стороны короткого конца петли каната. Работа сжимных соединений основана на силах трения между обжатыми канатами и плоскостями элементов сжимов. Усилие, воспринимаемое сжимным соединением, зависит от количества сжимов и степени затяжки сжимов.

Степень затяжки сжимов η определяется по формуле

$$\eta = a/2d_k, \quad (5.1)$$

где d_k - диаметр каната, а - размер двух нитей каната в сжатом состоянии.

Для обеспечения равнопрочного стыка обычно обеспечивают затяжку канатов до $\eta=0,6$.

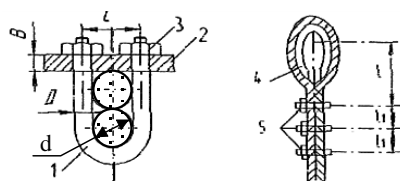
Таблица 5.2 - Сжимы обыкновенные с планкой

Диаметр каната d_k , мм	D , мм (резьба гайки)	B , мм	C , мм	Число сжимов на соединении	Расстояние между сжимами, мм		Масса, кг
					l	l_1	
8	M10	10	22	3	80	190	0,18
12,5	M10	12	24	3	105	100	0,26
15,5	M12	14	31	3	130	100	0,43
17,5	M16	16	36	3	145	120	0,7
19,5	M16	16	37	4	160	120	0,85
21,5	M16	16	40	4	175	140	0,9
24	M20	20	45	5	195	150	1,45
28	M20	22	49	5	225	180	1,7
4,5	M22	24	58	7	270	230	2,4

Таблица 5.3 - Сжимы рожевые

Диаметр каната d_k , мм	Резьба d , мм	Число сжимов	C , мм	B , мм	Расстояние между сжимами, мм		Масса, кг
					l	l_1	
13-15	M12	3	30	15	130	100	0,5
15,5-17,5	M16	3	36	20	145	120	0,83
18-21,5	M16	4	40	20	175	140	1,0
22-26	M20	5	50	25	210	165	1,81
26,5-31	M20	5	55	25	215	200	2,52
32-35	M24	7	62	30	270	230	3,62

Примеч.: Значения l и l_1 смотрите на рисунке 5.2. Для всех типов сжимов дужка сжима всегда должна располагаться со стороны короткого конца петли каната.



1) дужка, 2) планка, 3) гайка, 4) коуш, 5) сжимы

Рисунок 5.2. Схема сжима обыкновенного с планкой

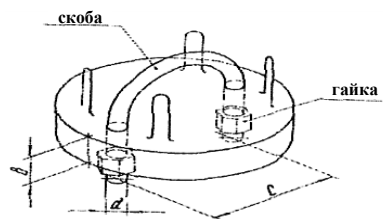


Рисунок 5.3. Схема рожевого сжима

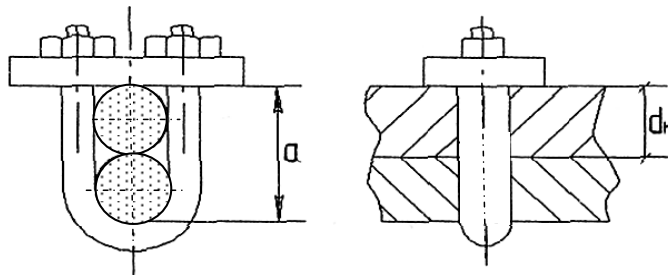


Рисунок 5.4. Схема соединения каната дуговыми сжимами

Пример определить размер "а" при установке дуговых сжимов с планкой, чтобы обеспечить степень затяжки $\eta = 0,6$ канатов типа ТЛК-О 6х37+1 ос диаметром 17 мм, и количество сжимов.

По таблице 5.2. определяем, что необходимо установить 3 сжима с диаметром дужки 16 мм.

$$a = \eta \cdot 2 \cdot d_k = 0,6 \cdot 2 \cdot 17 = 10,2 \text{ мм.}$$

Универсальные стропы - это замкнутая петля длиной от 5 до 15 м (рисунок 5.5). Концы каната соединяют постановкой сжимов или заплёткой. Длина заплётки должна быть равна не менее 40 диаметрам каната. Расстояние между сжимами и их количество необходимо принимать по таблице 5.2 и 5.3.

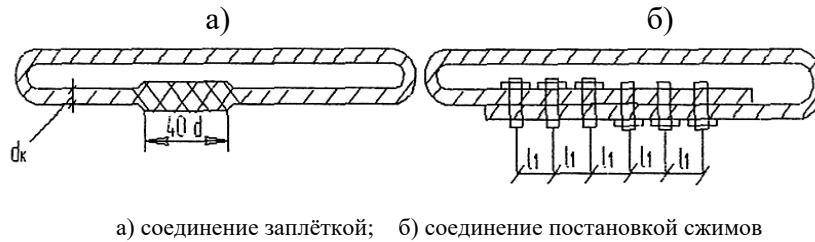
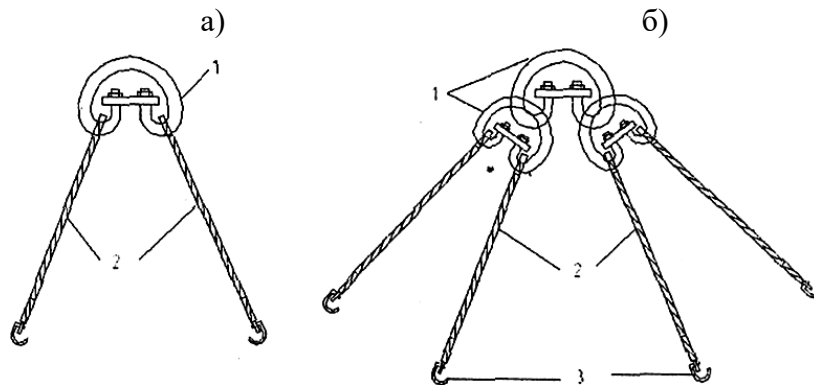


Рисунок 5.5. Схема универсального стропа

Многоветвевые стропы служат для подъёма груза за несколько точек, если за две точки применяется двухветвевой строп, за четыре точки – четырёхветвевой и т.д. В качестве отдельных ветвей применяют облегчённые стропы, один конец которых крепится к петлям, приваренным к грузу, а другой конец к серье, как это видно на рисунке 5.6.



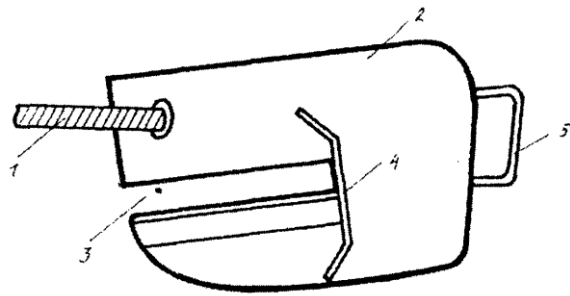
а) двухветвевой; б) четырёхветвевой;

1-серья; 2-облегченный строп; 3-крюк

Рисунок 5.6. Схема многоветвевых строп

Наряду с вышеописанными стропами, применяются полуавтоматические стропы (рисунок 5.7), позволяющие производить расстроповку груза снизу, не поднимаясь на высоту установки монтируемого оборудования. Эта операция производится при помощи скобы с полуавтоматическим запором и оттягивающего пенькового каната. Для подъёма и перемещения труб применяются стропы с торцевыми захватами, представляющими собой пластину с центральным, распложенным под углом вырезом, к которой приварены подкладка и торцевой упор.

Для монтажа изолированных трубопроводов применяются мягкие захваты, препятствующие повреждению изоляции, за счёт уменьшения удельного давления в месте контакта захвата с трубопроводом. Для монтажа изолированных труб диаметром до 377 мм применяют захваты из резиноканевой ленты шириной 500 мм и грузоподъёмностью до 60 кН. Для монтажа трубопроводов большего диаметра применяются мягкие захваты из металлических лент.



1-облегченный строп, 2-пластина, 3-вырез, 4-торцевой упор, 5-ручка

Рисунок 5.7. Схема торцевого захвата для труб

5.2 Основные правила строповки

1) Строповку монтируемого оборудования следует производить по схеме, указанной в паспорте завода-изготовителя этого оборудования или по схеме, разработанной в документации на планово-предупредительный ремонт (ППР).

2) Строповку нужно производить за заводские петли или проушины. При отсутствии таковых в ППР необходимо разработать петли для приварки к оборудованию.

Наиболее простым приспособлением для строповки являются петли из арматурной стали, привариваемые фланговыми швами к монтируемой конструкции (рисунок 5.8).

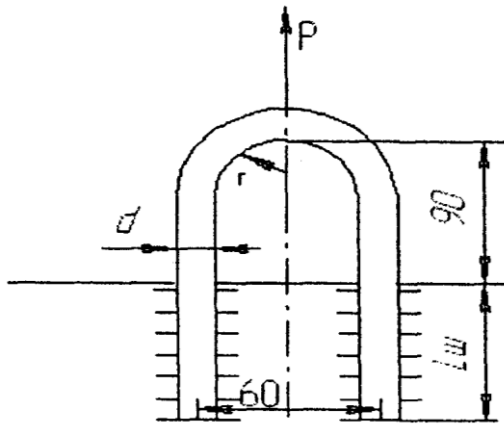


Рисунок 5.8. Схема монтажной петли

Диаметр стержня петли d (мм) определяются по таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Диаметр стержня петли d в зависимости от усилия от веса конструкции, приходящегося на одну петлю

d , мм	Усилие от веса конструкции, приходящееся на одну петлю, Н
6	1000
8	3000
10	7000
12	1100
14	1500
16	2000
18	2500
20	3100

Усилие, воспринимающее одной петлѐй

$$P = Q \cdot K_d / n, \quad (5.2)$$

где Q - вес поднимаемой конструкции, Н; n - количество петель; K_d - коэффициент динамичности, принимаемый 1,5.

Длину сварного шва $L_{ш}$ определяют из условий работы шва на восприятие нагрузки P , приходящейся на одну петлю. Катет шва принимают равным диаметру стержня.

3) Для обеспечения прочности и устойчивости поднимаемой конструкции строповка должна осуществляться не менее чем за две точки.

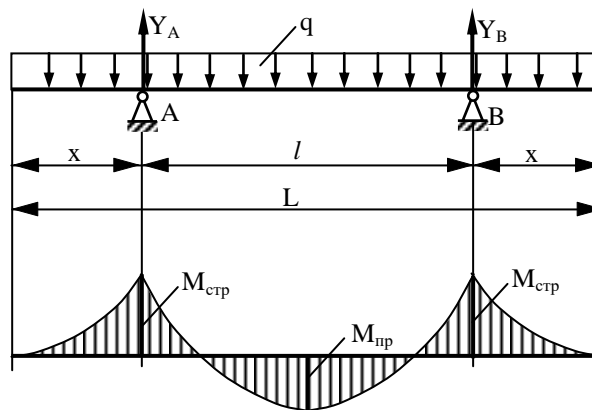
4) Для уменьшения усилия на канат стропа необходимо принимать угол раскрытия стропа 2α не более 90° (α - угол между ветвью стропа и осью крюка).

5) Крюк подъёмного механизма нужно располагать на одной вертикали с центром тяжести поднимаемой конструкции.

6) Уровень строповки должен быть выше центра тяжести поднимаемой конструкции.

5.3. Определение оптимальных мест строповки звеньев трубопроводов или других длинномерных конструкций при их монтаже двумя грузоподъёмными механизмами

Исходя из технологических соображений, при монтаже газовых или тепловых сетей трубы свариваются в звенья (плети) длиной 40 м, а затем опускаются в траншею или канал, либо поднимаются на опоры при наземной прокладке двумя грузоподъёмными механизмами. Собственный вес трубы распределяется равномерно по всей длине (рисунок 5.9). Усилия в стропах направлены вертикально к трубопроводу. Задача состоит в том, чтобы определить оптимальные места строповки, расстояние между местами строповки (расстояние между грузоподъёмными механизмами) и допустимые размеры консолей. Напряжение в опасных сечениях (в местах строповки и в пролёте) не должно превышать расчётное сопротивление материала труб.



A и B - места строповки; q - вес 1 метра длины трубопровода; L - длина звена (плети трубопровода); x - длина консоли; $l=L-2\cdot x$ - расстояние между местами строповки (расстояние между осями крюков подъёмных механизмов); Y_A и Y_B - нагрузка на строп; $M_{стр}$ - величина изгибающего момента в местах строповки; $M_{пр}$ - величина максимального изгибающего момента в пролёте; G - вес трубы.

Рисунок 5.9. Схема строповки длинномерных конструкций и эпюра моментов

Нагрузка на строп: $Y_A = Y_B = q \cdot L/2 = 0,5 \cdot G$;

Величина изгибающего момента в местах строповки

$$M_{стр} = qx^2/2; \quad (5.3)$$

Величина максимального изгибающего момента в пролёте

$$M_{пр} = \frac{qL^2}{8} - Y_A \left(\frac{L}{2} - x \right) = \frac{qL^2}{8} - \frac{gL}{2} \left(\frac{L}{2} - x \right). \quad (5.4)$$

Так как максимальные моменты будут в местах строповки и в пролёте, необходимо, чтобы нормальные напряжения в этих местах были меньше расчётных сопротивлений материала труб R . Поскольку $\sigma = M_{изг} \cdot D/2I_z \leq R$, то

$$M_{изг} < 2R \cdot I_z / D(1),$$

где D - наружный диаметр трубы, м; I_z - момент инерции трубы: $I_z = \pi \cdot (D^4 - d^4) / 64$; d - внутренний диаметр трубы, м; R - для стали принимается $200 \cdot 10^6$ Па.

$$M_{пр} = -gx^2/2 = M_{стр} = gx^2/2(2)$$

Приравнивая правые части выражений 1 и 2, получим:

$$2R \cdot l_z / D \cdot g \cdot x^2 / 2; x^2 = 4 \cdot R \cdot l_z / g \cdot D; \\ x = \sqrt{4 \cdot R \cdot l_z / g \cdot D}. \quad (5.5)$$

Подставляя значения l_z и численные значения R для стали, получим

$$x = \sqrt{\frac{4 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 3.14 \cdot (D^4 - d^4)}{64 \cdot g \cdot D}} = 6265 \cdot \sqrt{\frac{D^4 - d^4}{g \cdot D}} \quad (7.6)$$

Из условия равенства нормальных напряжений в местах строповки и в середине пролёта, вытекает равенство изгибающих моментов для тех же сечений.

$$g \cdot x^2 / 2 = g(l/2 + x) \cdot l/2 - g \cdot (l/2 + x)^2 / 2; \\ x^2 = l^2 / 2 + l \cdot x - (l^2 / 4 + 2 \cdot x \cdot l/2 + x^2);$$

$$x^2 = l^2 / 2 + l \cdot x - l^2 / 4 - l \cdot x - x^2;$$

$$2x^2 = l^2 / 4; l^2 = 8 \cdot x^2; l = x \cdot \sqrt{8}. \quad (.57)$$

Пример

Из условий прочности трубопровода определить максимальную длину плети при условии строповки плети в двух местах, допустимую величину консоли и расстояние между местами строповки. Труба электросварная с наружным диаметром $D_H=1120$ мм, толщина стенки трубы 10 мм; вес 1 м трубы.

$$g=2737 \text{ Н}, \quad d_{BH}=1100 \text{ мм}.$$

Решение: допустимая величина консоли x :

$$x = 6265 \cdot \sqrt{\frac{D^4 - d^4}{g \cdot D}} = 6265 \cdot \sqrt{\frac{1.12^4 - 1.1^4}{2737 \cdot 1.12}} = 16 \text{ м}$$

Расстояние между местами строповки

$$L = x\sqrt{8} = 16\sqrt{8} = 45 \text{ м}.$$

Допустимая величина плети

$$L = l + 2 \cdot x = 45 + 2 \cdot 16 = 77 \text{ м}.$$

Для трубопровода диаметром 76 мм с толщиной стенки $\sigma=3$ мм, $g=54$ Н/м

$$x = 6265 \cdot \sqrt{\frac{0.076^4 - 0.070^4}{54 \cdot 0.076}} = 9.48 \text{ м}$$

$$L = x\sqrt{8} = 26.8 \text{ м}. \quad H = 26.8 + 2 \cdot 9.48 = 45.8 \text{ м}.$$

Произведя расчёты для всего ряда электросварных труб, мы можем убедиться, что допустимая длина плети по прочностным соображениям не будет превышать принятую длину плети 40 м и вышеприведённые расчёты необходимо производить в неординарных случаях, когда длинномерная конструкция превышает 40 м.

Задавшись длиной длинномерной конструкции, что с точки зрения практики монтажа наиболее вероятно, можно определить места строповки исходя из следующих соображений.

Поскольку $M_{пр}=M_{стр}$, то $M_{пр}+M_{стр}=0$.

Подставляя значения $M_{,,p}$ и $M_{стр}$, получим

$$g \cdot x^2 / 2 + g \cdot L^2 / 8 - g \cdot L/2 \cdot (L/2 - x) = 0; \\ g \cdot x^2 / 2 + g \cdot L^2 / 8 - g \cdot L^2 / 4 + g \cdot L \cdot x / 2 = 0; \\ x^2 / 2 + L \cdot x / 2 - g \cdot L^2 / 8 = 0 \\ x^2 + L \cdot x - L^2 / 4 = 0.$$

Решая это полное приведённое квадратное уравнение, получаем

$$X = -L/2 \pm \sqrt{(L/2)^2 - (-L^2/4)} = -L/2 \pm \sqrt{L^2/2}.$$

Решение этого уравнения даёт два корня:

$$X_1 = -L/2 + \sqrt{L^2/2} = -L/2 + L/1.414 = 0.586 \cdot L/2.828; \quad X_1 = 0.207L;$$

$$X_2 = -L/2 - \sqrt{L^2/2} = -L/2 - L/1.414 = -3.414 \cdot L/2.828; \quad X_2 = -1.207L.$$

X_2 лежит за пределами конструкции.

Для 40-метрового звена трубопровода

$$X=0,207 \cdot L=0,207 \cdot 40=8,28 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние между местами строповки, т.е. между грузоподъёмными механизмами, будет:

$$\ell=L-2 \cdot x=40-2 \cdot 8,28=23,44 \text{ м.}$$

5.4. Расчёт и подбор стальных канатов для гибких строп

Одноветьевые стропы рассчитываются так же, как и канаты.

При расчёте каната для многоветевых строп необходимо учитывать способ строповки, т.е. заложение ветвей стропа, угол между вертикалью и ветвями стропа, количество ветвей. Заложением является отношение высоты строповки А к половине стороны В/2 (рисунок 5.10).

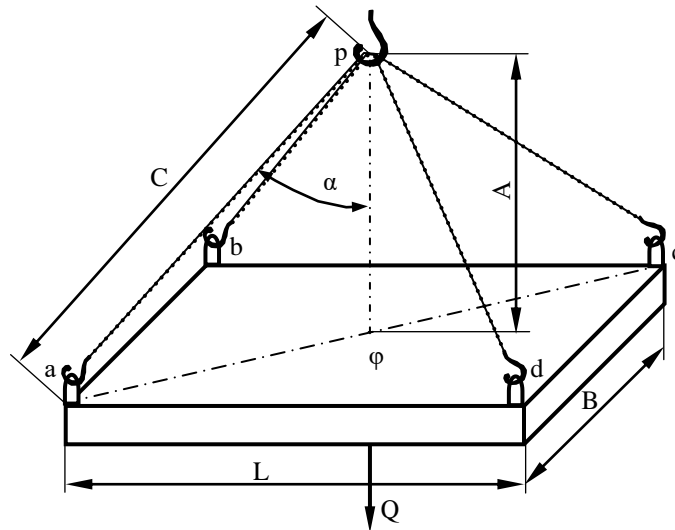


Рисунок 5.10. Схема строповки груза четырёхветевым стропом

Усилие в ветвях стропа определяется по формуле

$$S = \frac{QC}{Amk'}, \quad (5.8)$$

где S-натяжение ветви стропа, кН; Q- вес поднимаемого груза, кН; С- длина ветви стропа, м; А- высота строповки (высота треугольника образуемого ветвями стропа); m-число ветвей стропа; k' -коэффициент, учитывающий неравномерность нагрузки на ветви стропа (при m=3, k' = 1; при m>3, k'=0,75).

Если известен угол между ветвью стропа и вертикалью (угол α), то усилие в каждой ветви определяется по формуле

$$S = \frac{Q}{mk' \cos \alpha} \quad (5.9)$$

Пример 1. Фильтр (см. рисунок 5.10) снабжён четырьмя заводскими петлями и имеет размеры L=4 м, В=3 м. Располагаемая высота от крюка до фильтра А=3,5 м. Вес фильтра Q=35 кН. Определить длину ветвей стропа, усилие воспринимаемое каждой ветвью, определить угол α между вертикалью и ветвью стропа, подобрать тип и диаметр каната.

Решение:

из треугольника adc находим гипотенузу ac:

$$ac = \sqrt{(ad)^2 + (dc)^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ м}$$

Из треугольника арф находим длину ветви стропа ар:

$$ap = C = \sqrt{(pf)^2 + (ac/2)^2} = \sqrt{(3,5)^2 + (5/2)^2} = 4,3 \text{ м}$$

$$\cos \alpha = af/ap = 2,5/4,3 = 0,581; \quad \text{тогда} \quad \alpha \approx 59,5^\circ.$$

Усилие в каждой ветви стропа S:

$$S = \frac{Q}{mk' \cos \alpha} = \frac{35}{4 \cdot 0,75 \cdot 0,581} = 20,1 \text{ кН}$$

Коэффициент запаса для стропа $k=6$.

Расчётное разрывное усилие в канате

$$R = S \cdot k = 20,1 \cdot 6 = 120,6 \text{ кН.}$$

Подбираем канат двойной свивки: типа ТЛК-О конструкции 6х37+1ос с маркировочной группой 1570 Н/мм², диаметром 13,5 мм, с $R=88\,650 \text{ Н} > 85\,800 \text{ Н}$; или типа ЛК-3 конструкции 6х25+7х7 с маркировочной группой 1960 Н/мм², диаметром 11,5 мм с $R=87\,300 \text{ Н} > 85\,800 \text{ Н}$.

Пример 2. Известен угол $\alpha=20^\circ$. Подобрать канат четырёхветвевого стропа для подъёма груза весом 35 кН.

Решение:

усилие в каждой ветви стропа

$$S = \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \frac{Q}{m \cdot k'} = 1 \cdot 35 / 0,9397 \cdot 4 \cdot 0,75 = 12,41 \text{ кН;}$$

$$R = S \cdot k = 12,41 \cdot 6 = 74,46 \text{ кН.}$$

Подбираем канат ТЛК-О+1ос с $\sigma = 1960 \text{ Н/мм}^2$, диаметром 11,5 мм.

Усилие в ветвях стропа зависит от способа строповки и угла раскрытия стропа 2α (рисунок 5.11).

Таблица 5.5 - Зависимость параметров строповки от угла α .

Наименование	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 50^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 80^\circ$
Усилие в ветви стропа, S , кН	$0,50 \cdot Q$	$0,575 \cdot Q$	$0,710 \cdot Q$	$0,775 \cdot Q$	$1,0 \cdot Q$	$2,85 \cdot Q$
Длина ветви стропа, l	$1,46 \cdot L$	L	$0,71 \cdot L$	$0,65 \cdot L$	$0,58 \cdot L$	$0,5 \cdot L$
Высота строповки, H , м	$1,37 \cdot L$	$0,86 \cdot L$	$0,5 \cdot L$	$0,42 \cdot L$	$0,29 \cdot L$	$0,09 \cdot L$

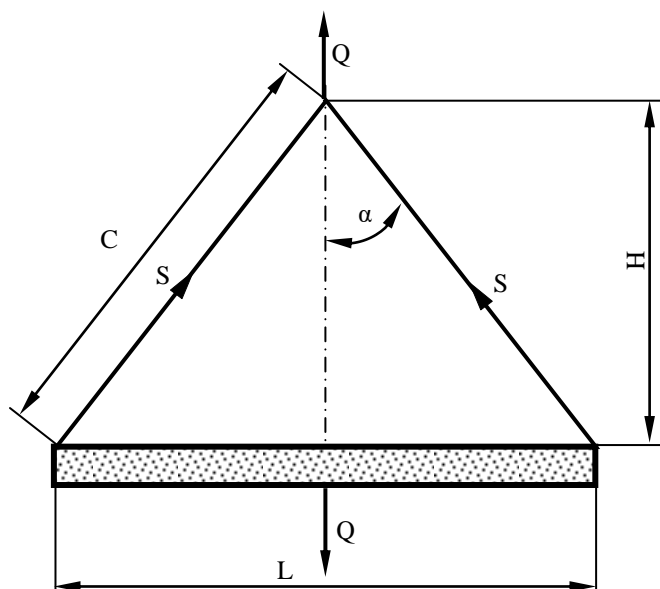


Рисунок 5.11. К расчету зависимости параметров строповки от угла α .

Как видно из таблицы 5.5, с увеличением угла α резко возрастают усилия в ветвях стропа и могут сравняться, и даже превзойти вес поднимаемого груза. Поэтому при конструировании узла строповки рекомендуется ограничить угол α стропа 45° . Если высота строповки не позволяет это сделать, а в условиях проведения монтажных работ часто высота строповки ограничена, необходимо применять жёсткие стропы называемые траверсами.

7.5 Траверсы

Траверсы применяют при монтаже длинномерных конструкций, когда не хватает высоты строповки для гибких стропов, либо когда монтируемая конструкция не может воспринимать сжимающие усилия, возникающие при наклонных гибких стропях.

Траверсы целесообразно применять на трубозаготовительных базах для укладки труб, для сварки или для погрузки плетей длиной до 36 м на плетевозы, а так же для монтажа крупных блоков воздухопроводов длиной 20-30 м, которые не обладают достаточной жёсткостью. В качестве несущего элемента траверсы используются трубы, швеллера и двутавры.

На практике монтажа трубопроводов и воздухопроводов используются две схемы работы траверсы. Схема 1 (рисунок 5.12). Траверса по этой схеме работает на изгиб.

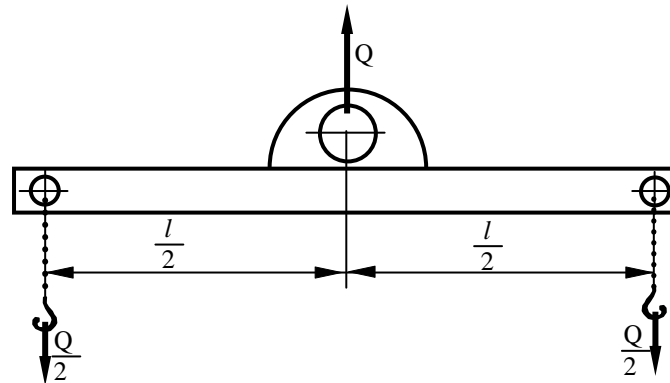


Рисунок 5.12. Расчётная схема траверсы, работающей на изгиб

Порядок расчёта траверсы, работающей по схеме, показанной на рисунке 12:

1) Определяется максимальный изгибающий момент в траверсе, который всегда будет под точкой приложения груза в пролёте траверсы

$$M = Q/2 \cdot l/2, \text{ Н}\cdot\text{см}; \quad (5.10)$$

где Q - вес поднимаемой конструкции, Н; l - расстояние между точками прикрепления груза, см.

2) Определяем нормальное напряжение в траверсе при изгибе и сравниваем его с допустимым

$$\sigma = M/W \leq \sigma_{\text{доп}}, \text{ Н/см}^2; \quad (5.11)$$

где W - момент сопротивления сечения траверсы.

Сечение траверсы удовлетворяет условиям прочности, если расчётное нормальное напряжение при изгибе будет не больше допустимого, т.е. $< 16000 \text{ Н/см}^2$.

Пример

Рассчитать траверсу, закреплённую к крюку грузоподъёмного механизма, для подъёма воздухопровода длиной 12000 мм, диаметром 1000 мм. Воздуховод изготовлен из стали толщиной 1,5 мм. Длина траверсы $l = 700$ см.

Решение:

Определяем вес воздухопровода, Q , Н:

$$Q = 1,37 \cdot F \cdot p \cdot H;$$

где 1,37 - коэффициент, учитывающий вес фланцев, хомутов, подвесок и прокладок под стропы, F - площадь поверхности воздухопровода, м^2 :

$$F = L \cdot \pi \cdot D;$$

где L - длина воздухопровода, м; D - диаметр воздухопровода, м; p - вес 1 м^2 поверхности воздухопровода. Для стали толщиной 1,5 мм $p = 120$ Н.

$$Q = 12 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 120 \cdot 1,37 = 6195 \text{ Н}.$$

Максимальный изгибающий момент

$$M = Q/2 \cdot l/2 = 6195/2 \cdot 700/2 = 1084165 \text{ Н}\cdot\text{см}.$$

Для траверсы выбираем швеллер № 14, для которого момент сопротивления $W = 70,2 \text{ см}^3$.

Проверяем нормальное напряжение, возникающее в траверсе от изгиба.

$$\sigma = M/W = 1084165/70,2 = 15444 \text{ Н·см} < 16000 \text{ Н·см}.$$

Схема 2 (рисунок 5.13)

Порядок расчёта траверсы, работающей по схеме, показанной на рисунке 7.13:

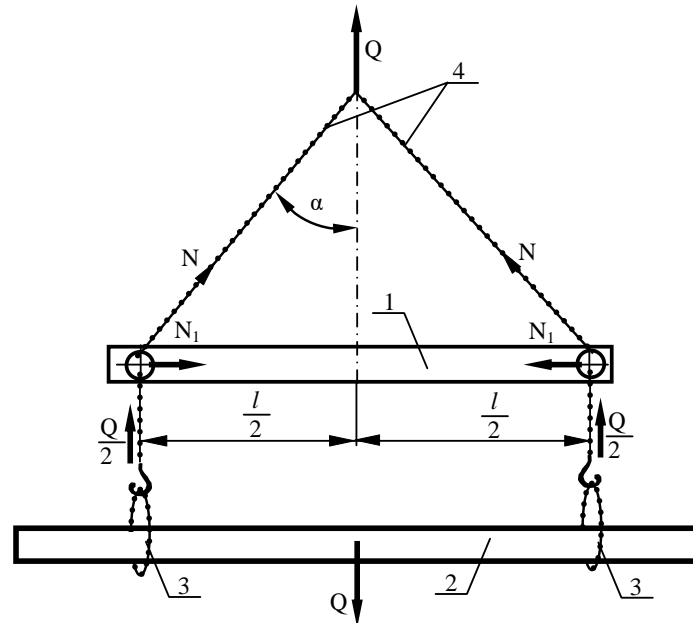
1) Находим усилие N в канатах двухветвевго стропа:

$$N = Q/2 \cdot 1/\cos \alpha, \text{ Н}, \quad (5.12)$$

где Q - вес поднимаемого груза, H ; α - угол наклона ветви стропа к вертикали.

2) Находим сжимающее усилие N_1 в балке траверсы:

$$N_1 = Q/2 \cdot \tg \alpha, \text{ Н}. \quad (5.13)$$



1-траверса, 2-поднимаемая конструкция, 3-облегченный строп, 4-двухветвевый строп

Рисунок 5.13. Расчётная схема траверсы, работающей на сжатие

3) Проверяем балку траверсы на устойчивость

$$\sigma = N_1/F \cdot \varphi \leq \sigma_{\text{доп}}, \text{ Н/см}^2, \quad (5.14)$$

где F - площадь сечения балки, см^2 ; φ - коэффициент продольного изгиба, зависящий от гибкости траверсы λ , определяемой по таблице 7.6; λ - определяется отношением длины траверсы ℓ , в см к минимальному радиусу инерции, определяемому по сортаменту выбранной балки i_{\min} , в см.

$$\lambda = \ell / i_{\min}$$

Таблица 5.6 - Зависимость коэффициента γ от гибкости λ при расчётном сопротивлении стали $R=200 \text{ МПа}$

λ	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
φ	1	0,988	0,967	0,939	0,906	0,869	0,827	0,782	0,734	0,665	0,599
λ	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
φ	0,537	0,479	0,425	0,376	0,328	0,290	0,259	0,233	0,210	0,191	0,174

Пример 2. Рассчитать траверсу подвешенную к крюку грузоподъёмного механизма с помощью двухветвевго стропа (схема 2, см. рисунок 13), для подъёма воздуховода из предыдущего примера длиной 12 м, диаметром 1000 мм и весом 6195 Н. Длина траверсы 7 м, угол α между ветвью стропа и вертикалью равен 45° .

Решение:

Находим усилие в канатах двухветвевго стропа

$$N = Q/2 \cdot \cos \alpha = 6195/2 \cdot 0,7070 = 4381 \text{ Н}$$

Определяем расчётное усилие в канате

$$R=N \cdot K=4381 \cdot 6=26286 \text{ Н},$$

где К-коэффициент запаса для строп равен 6.

Подбираем канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6х36+1ос, диаметром 6,7 мм, $\sigma=1960 \text{ Н/мм}^2$ с разрывным усилием 27600 Н.

Сжимающее усилие в балке траверсы N_1 :

$$N_1=Q/2 \cdot \operatorname{tg} \alpha=6195 \cdot 1/2=3098 \text{ Н}$$

Проверяем принимаемый швеллер № 10 на устойчивость, для чего определяем гибкость

$$\lambda=l/i_{\min}=700/3,99=175,4>150,$$

Значение i_{\min} определяем по сортаменту на швеллера $i_{\min}=3,99 \text{ см}$.

Следовательно, швеллер №10 не отвечает требованию.

Принимаем швеллер №12, имеющий $i_{\min}=4,78 \text{ см}$.

$$\lambda=700/4,78=146<150.$$

Напряжение в балке

$$\sigma=N_1/F \cdot \varphi,$$

где F - определяем по сортаменту, для швеллера №12 $F=13,3 \text{ см}^2$; φ - определяем по таблице 6 путём интерполяции для $\lambda=146$ и $\varphi=0,347$;

$$\sigma=3098/13,3 \cdot 0,347=671 \text{ Н/см}^2 < 16\,000 \text{ Н/см}^2.$$

Не смотря на то, что напряжение много меньше допустимого, уменьшать размер швеллера нельзя из условий прогиба.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ И ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ ПРИ СООРУЖЕНИИ СИСТЕМ ТГВ

6.1 Общие сведения

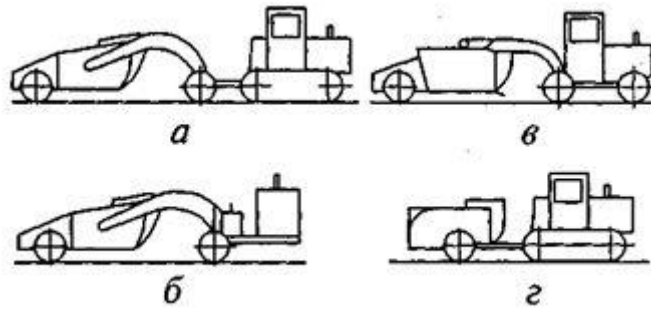
Землеройно-транспортными (ЗТМ) называют строительные машины, отделяющие грунт от массива тяговым усилием с последующим его перемещением к месту отсыпки собственным ходом. Основными рабочими операциями ЗТМ являются: послойная разработка грунта, его транспортирование и укладка в основание строительного объекта или отвал, а также планировка земляных поверхностей. В зависимости от вида рабочего органа различают *ковшовые* (скреперы) и *отвальные* (бульдозеры, автогрейдеры, грейдер-элеваторы) ЗТМ. Эти машины отличаются простой конструкцией, универсальностью и высокой производительностью. Их применяют в дорожном строительстве, при рытье котлованов и каналов, возведении насыпей, планировке земляных, верхностей и на других работах.

Рабочий процесс включает два характерных режима: *тяговый* и *транспортный*. Исключение составляют грейдер-элеваторы, работающие только в тяговом режиме. На тяговом режиме работают при копании грунта, а на транспортном при его перемещении к месту отсыпки. Продолжительность тягового режима от общего времени рабочего процесса составляет у скреперов 10...20 %; у бульдозеров, работающих на послойной разработке грунтов 20...25 %; у бульдозеров и автогрейдеров на планировочных работах 75...80 %. Эффективность тягового режима зависит от способности машины передвигаться без буксования при повышенных сопротивлениях, а транспортного режима в основном, от скоростных качеств машины, ее проходимости и маневренности. Чаще ЗТМ при работе передвигаются по грунтовым и снежным дорогам, свежесрезанным и рыхлым насыпным грунтам. С повышением влажности грунта условия работы ЗТМ ухудшаются.

6.2 Скреперы

Скреперами разрабатывают грунты I и II категории непосредственно, а грунты III и IV категории после их предварительного разрыхления. Они часто работают в одном комплекте с бульдозерами-рыхлителями, используемыми также в качестве толкачей для повышения силы тяги скреперов. Скреперы не рекомендуется применять для разработки заболоченных, несвязных переувлажненных грунтов, а также грунтов с большими каменистыми включениями. *Рабочий цикл* скрепера включает копание (отделение грунта от массива и заполнение им ковша), транспортирование грунта в ковше к месту его укладки, отсыпку и возвращение машины на исходную позицию следующего рабочего цикла. Средняя дальность возки грунта скрепером колеблется от 3 м до 2...3 км при ковшах вместимостью соответственно 5...46 м³. Удельный расход энергии составляет 3,2...6 (кВт·ч)/м³.

Главным параметром скрепера является вместимость ковша, в соответствии с которой различают скреперы малой (до 4 м³), средней (5... 12 м³) и большой (15 м³ и более) вместимости. Скрепер состоит из тягача и рабочего оборудования, по способу соединения которых различают *прицепные* (рисунок 8.1,а), *полуприцепные* (рисунок 6.1,б) и *самоходные* (рисунок 6.1,в) скреперы. У прицепных скреперов сила тяжести рабочего оборудования вместе с грунтом полностью передается на опорную поверхность через собственные ходовые устройства, а полуприцепные скреперы часть этой нагрузки передают на тягач. Обычно прицепные скреперы опираются на две ходовые оси. Существуют также одноосные прицепные скреперы (рисунок 6.1,г), у которых центр масс груженого скрепера расположен над ходовой осью.



а - прицепные, б – полуприцепные, в – самоходные, г - одноосные прицепные скреперы

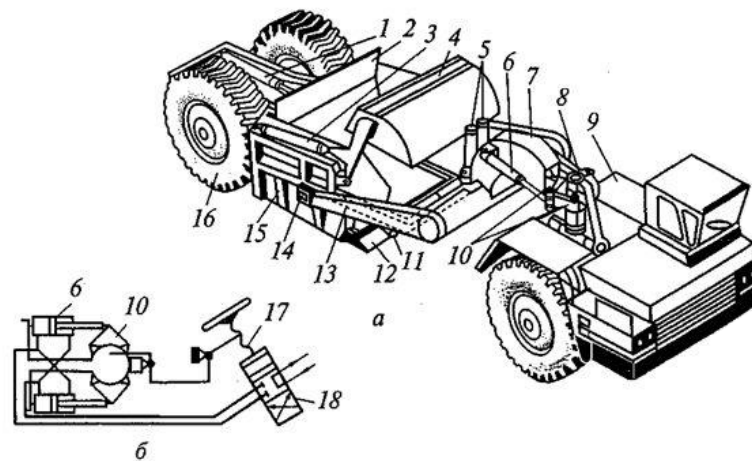
Рисунок 6.1. Схемы соединения скреперов с тягачом

Тяговое усилие обеспечивается гусеничным (см. рисунки 6.1,а,г), колесным одноосным (см. рисунок 6.1,в) или двухосным (см. рисунок 6.1,б) тягачом. У скреперов большой вместимости иногда природными делают также задние колеса, оборудованные встроенным в них электрическим или гидравлическим приводом (*мотор- колесо*), состоящим из электродвигателя или гидромотора и планетарного редуктора.

Первые колесные скреперы с конной тягой появились в 70-х гг. XVIII в. В конце XIX в. скреперы были установлены на одноосный ход с металлическими колесами. Для управления положением ковша в рабочем и транспортном режимах использовалась рычажная система. В качестве тягача использовался колесный трактор. В 1910 г Т. Шмейзером (США) был создан скрепер с ковшом вместимостью $5,4 \text{ м}^3$ с гидравлическим управлением ковшом, приводимым в движение от колес трактора. Дальнейшее развитие конструкций скреперов шло по пути совершенствования ковшей и их систем управления. В нашей стране массовое применение получили скреперы на конной тяге при строительстве Туркестано-Сибирской дороги в 20-х гг. прошлого столетия, на Башжелдорстрое и других строительных объектах. В 30-е гг. прошлого столетия были созданы скреперы с ковшами вместимостью 5 м^3 с гидравлическим управлением и 6 м^3 с канатным управлением для работы с тракторами мощностью 48 кВт Челябинского тракторного завода. К концу 50-х гг. вместимость скреперного ковша уже достигла 46 м^3 при мощности тягача 440 кВт.

Устройство и принцип работы скрепера рассмотрим на примере его самоходной модели (рисунок 6.2,а). Одноосный тягач 9 соединен с рабочим оборудованием сцепным устройством 8 в виде двух цилиндрических шарниров, позволяющих тягачу поворачиваться и перекашиваться относительно рабочего оборудования. Рабочее оборудование включает в себя ковш 15, опирающийся задней частью на колеса 16, а передней соединенный упряжными шарнирами 14 с боковыми брусками 13 тяговой рамы, которая своей передней балкой опирается на тягач. Ковш ограничен днищем и боковыми стенками, а в задней части выдвижной стенкой 2, перемещаемой при разгрузке ковша гидроцилиндрами 1. В передней части ковш закрывается заслонкой 4 с помощью гидроцилиндров 3.

Для разработки грунта переднюю заслонку приподнимают и, перемещаясь на рабочей скорости, гидроцилиндрами 5 опускают ковш, заглубляя его в грунт. При этом нижний обрез заслонки должен находиться примерно на уровне земли. После заполнения ковша его поднимают, закрывают заслонкой и на транспортной скорости перемещают к месту разгрузки. Чаще скреперы используют для отсыпки грунта в насыпи, для чего после выезда на насыпь ковш опускают, оставляя щель между ножами и поверхностью передвижения, открывают заслонку и, передвигаясь на малой скорости, задней стенкой выталкивают грунт из ковша. При этом задние колеса, перекачиваясь по свежесыпанному грунту, уплотняют его. Поворот тягача относительно ковша осуществляют с помощью гидроцилиндров 6, рабочие полости которых соединены по схеме (рисунок 6.2б), согласно которой поршневая полость каждого гидроцилиндра соединена со штоковой полостью другого гидроцилиндра. Рабочая жидкость поступает от насоса к гидроцилиндрам через гидрораспределитель 18, управляемый винтовой парой 17 от рулевой колонки. Гидроцилиндры шарнирно соединены своими гильзами с хребтовой балкой, а штоками с тягами 10.



а - общий вид; б - схема рулевого управления

Рисунок 6.2. Самоходный скрепер

Другие модели скреперов отличаются от рассмотренной способом соединения рабочего оборудования с тягачом, устройством и приводом передней заслонки, конструкцией ковша и его подвеской, обеспечивающей другие способы разгрузки: *самосвальной* - опрокидыванием ковша вперед или назад, *полупринудительной* - опрокидыванием донной части ковша и задней стенки, *щелевой* - путем раздвижки днища и т.п.

Наиболее энергоемкой является операция копания грунта. Ковш наполняется номинальным объемом грунта, равным его геометрической вместимости $6...15 \text{ м}^3$ на длине $9...15 \text{ м}$ при средней толщине стружки $0,09...0,16 \text{ м}$ при разработке глин и $0,2...0,35 \text{ м}$ при разработке песков. Для заполнения ковша "с шапкой" (выше его геометрической вместимости) длина пути копания увеличивается в среднем на 20 %. Ковш наполняется лучше при движении скрепера под уклон. При постоянной толщине стружки (рисунок 6.3,а) и постоянной скорости передвижения тяговая способность скрепера реализуется полностью лишь в конце копания. С целью сокращения длительности этой операции за счет использования резерва тяги в течение всей операции при разработке связных грунтов применяют *клиновой способ* (рисунок 6.3,б) максимально возможное по тяговому усилию заглубление ковша в начале операции с постепенным выглублением по мере его заполнения. Удовлетворительные результаты дает *гребенчатый способ* (рисунок 6.3,в) при разработке суглинистых и глинистых грунтов, а также *клевковый способ* (рисунок 6.3,г) при разработке сухих песков и супесей.

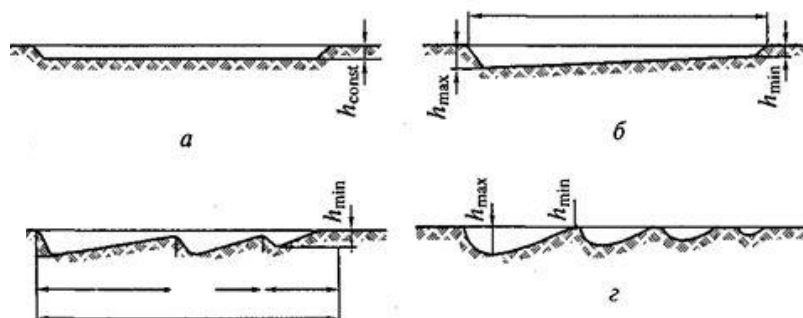


Рисунок 6.3. Продольный профиль выемок, образованных скреперами

Основным недостатком разработки прочных грунтов является ограниченная возможность проталкивания грунта в ковш через слой находящегося там грунта в заключительной стадии заполнения ковша. Вследствие этого тяговая способность скрепера может исчерпаться прежде чем заполнится ковш. Более эффективно заполняются ковши со *ступенчатыми* 11 и 12 (см. рисунок 6.2,а) или *полукруглыми*, выступающими в средней части ножами, где грунтовая стружка имеет большую толщину. Лучшие результаты даёт *принудительная загрузка*, для чего в передней части ковша устанавливают *скребковый элеватор* (рисунок 6.4) или *шнеки*, которые отде-

ленный от массива грунт забрасывают в ковш. Такая загрузка повышает наполнение ковша в среднем на 20 %. Повысить наполняемость ковша можно за счет увеличения тягового усилия путём применения *толкачей*, в качестве которых используют оборудованные буферами тракторы или бульдозеры. При копании толкач заходит в хвост скрепера и, упираясь в его буфер (за задними колесами), сообщает ему дополнительное тяговое усилие. Это позволяет обычно увеличивать толщину стружки в среднем до 40 %.

Толкачи эффективно применяют при бригадной работе нескольких скреперов. В зависимости от вместимости ковша и дальности возки один толкач может обслуживать от 2 до 16 скреперов, оставаясь все время в зоне разработки грунта. Еще более эффективно использование *скреперных поездов*, состоящих из двух самоходных скреперов, соединяемых на время копания специальным управляемым устройством. Сначала совместным тяговым усилием двух тягачей заполняется передний скрепер, а затем задний, после чего скреперы разъединяются и движутся к месту отсыпки грунта раздельно. При таком способе ковши могут быть наполнены более чем на 10 % выше их геометрической вместимости.

При работе в транспортном режиме груженные скреперы преодолевают уклоны до 12...15 %, а с порожним ковшом до 15...17. Предельная крутизна спусков для груженных скреперов составляет 20...25 %, с порожним ковшом - 25...30 %, меньшие значения уклонов для самоходных, а большие для прицепных скреперов. Крутые подъемы груженные скреперы преодолевают с помощью толкачей.

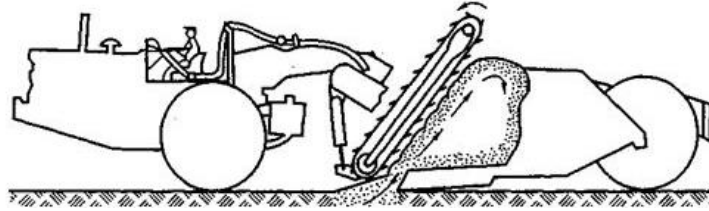


Рисунок 6.4. Загрузка ковша скрепера скребковым элеватором

Техническую производительность скреперов определяют как

$$П_T = 3600 \cdot q_{кн} / (t_{ц} k_p), \quad (6.1)$$

где q - геометрическая вместимость ковша, $м^3$; k_n - коэффициент наполнения ковша (в среднем для скреперов без толкачей при разработке песков $k_n = 0,6...0,9$; глин - $1...1,1$; супесей и суглинков - $1,1...1,2$; черноземов - $1,1...1,25$); $t_{ц}$ - продолжительность рабочего цикла, с; k_p - коэффициент разрыхления грунта.

Продолжительность рабочего цикла

$$t_{ц} = 3,6 \left(\frac{l_k}{v_k} + \frac{l_{тг}}{v_{тг}} + \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_{тп}}{v_{тп}} \right) + t_n n, \quad (6.2)$$

где l_k , $l_{тг}$, l_p и $l_{тп}$ - соответственно длины путей при копании, передвижении груженого скрепера, разгрузке и передвижении порожнего скрепера, м; v_k , $v_{тг}$, v_p и $v_{тп}$ - скорости передвижения на этих путях, км/ч; t_n - продолжительность одного поворота, с (в среднем 12...15 с); n - число поворотов за рабочий цикл.

Длины путей копания и разгрузки

$$l_k = \frac{q k_n}{B c_{ср} k_p}, \quad l_p = \frac{q k_n}{B h}, \quad (6.3)$$

где B - ширина ковша, м; $c_{ср}$ - средняя толщина грунтовой стружки, м; h - толщина слоя отсыпки грунта, м.

Длины путей $l_{тг}$ и $l_{тп}$, а также число поворотов n определяют в соответствии со схемой передвижения скрепера. Скорость v_k в среднем составляет 0,65...0,8 от паспортной скорости тягача на первой передаче, а v_p - примерно 0,75 от паспортной скорости.

Эксплуатационная производительность скрепера:

$$П_э = П_T \cdot k_b, \quad (6.4)$$

где k_b - коэффициент использования скрепера во времени (в среднем при расчете сменной, месячной и годовой производительности соответственно равен 0,8...0,9; 0,5...0,65; 0,4...0,5).

6.3 Бульдозеры.

Основное назначение бульдозера - послойная разработка грунта с последующим его перемещением перед отвалом по поверхности земли на небольшие расстояния (до 150 м). Бульдозеры применяют для выполнения следующих работ: снятия плодородного поверхностного слоя грунта при подготовке строительных площадок; перемещения грунта в зону действия одноковшового экскаватора при погрузке его в транспортное средство или отвал; разработка неглубоких каналов с транспортированием грунта в отвалы; зачистка пологих откосов; сооружение насыпей из резервов; для планировочных работ при зачистке оснований под фундаменты зданий и сооружений и планировке площадей и трасс; для работ по устройству и содержанию в исправности подъездных дорог, устройств въездов на насыпи и выездов из выемок; для разработки грунта на косогорах; по обратной засыпке траншей и пазух, разравнивания грунта в отвалах; штабелирования и перемещения сыпучих материалов; подготовительных работ для валки отдельных деревьев, срезки кустарника, корчевки пней, удаления камней, расчистки поверхностей от мусора, снега; вскрышных работ, а также использования их в качестве толкачей скреперов. Эффективность работы бульдозера в значительной мере зависит от проходимости базового трактора и его тягово-сцепных свойств.

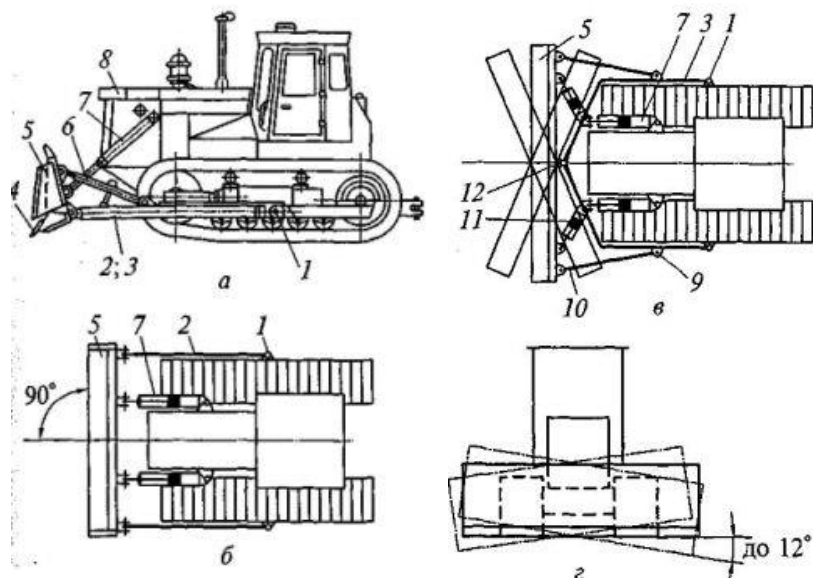
По номинальной силе тяги и мощности двигателей различают бульдозеры *малогабаритные* с силой тяги до 25 кН и мощностью до 45 кВт, *легкие* - 25...135 кН и 45...120 кВт, *средние* - 135...200 кВт и 120...150 кВт, *тяжелые* - 200...300 кН и 150...225 кВт и *сверхтяжелые* - более 300 кН и 225 кВт.

Бульдозерные отвалы как вспомогательное рабочее оборудование навешивают на пневмоколесные экскаваторы и другие машины для очистных и планировочных работ в составе рабочих процессов этих машин.

Бульдозер (рисунок 6.5,а) состоит из базового пневмоколесного или гусеничного трактора 8 и навесного рабочего оборудования в виде отвала 5 с цилиндрической рабочей поверхностью и ножами 4 в его нижней части, соединенного с базовым трактором шарнирами 1 через два толкающих бруса 2 или универсальную раму (рисунок 6.5,в), и гидравлической системы управления отвалом.

Отвал на толкающих брусках (рисунок 6.5,а и б) имеет боковые стенки и установлен режущей кромкой ножей перпендикулярно продольной оси машины. Наклон отвала в вертикальной плоскости регулируют раскосами 6 либо путем изменения их длины, либо положением места их крепления к отвалу или толкающим брускам. Управляют отвалом при его переводе из транспортного положения в рабочее и наоборот одним (малогабаритные бульдозеры) или двумя гидроцилиндрами 7, питаемыми рабочей жидкостью от гидравлической системы базового трактора. Бульдозеры с таким отвалом, называемым *неповоротным*, используют, в основном, на послойной разработке грунтов. У некоторых моделей бульдозеров предусмотрена регулировка наклона отвала в вертикальной плоскости гидроцилиндром, изменением длины одного раскоса или места его крепления (рисунок 6.5,г).

Рабочий цикл бульдозера с неповоротным в плане отвалом состоит из операций копания грунта (его отделения от массива и накопления перед отвалом - образования *призмы волочения*), его транспортирования волоком перед отвалом к месту укладки, разгрузки отвала и возвращения машины на исходную позицию следующего рабочего цикла.



а - вид сбоку; б - вид в плане на бульдозер с неповоротным отвалом; в - то же с поворотным отвалом; г - перекос отвала

Рисунок 6.5. Бульдозер

Сменные рабочие органы, навешиваемые на бульдозеры, показаны на рисунке 6.6.

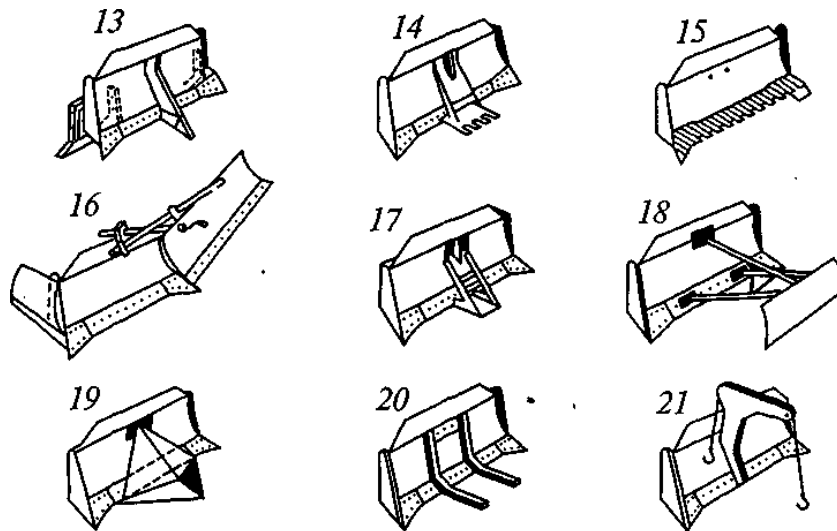


Рисунок 6.6. Сменные навесные органы

При копании бульдозер перемещается на рабочей скорости, обычно соответствующей первой передаче, с целью получить возможно большее тяговое усилие. Для сокращения продолжительности копания желательно предельно сокращать путь копания, для чего грунт следует разрабатывать с возможно большей толщиной стружки, которая в слабых грунтах обычно ограничена ходом поршня гидроцилиндра заглубления отвала, а в прочных грунтах - буксованием движителя. Желательно иметь постоянную толщину стружки на всем пути копания, что обычно реализуется только при разработке слабых грунтов. С повышением прочности грунта тяговая способность бульдозера может быть исчерпана в середине пути копания или недостаточной еще в начале копания. С учетом того, что по мере накопления грунта перед отвалом растут сопротивления формированию призмы волочения и ее передвижению волоком по ненарушенному грунту, грунт разрабатывают клиновым или гребенчатым способами.

При разработке весьма плотных грунтов, например, уплотненных транспортом или другими способами, внедрение ножа отвала в грунт оказывается практически невозможным. В этих случаях применяют отвалы с выступающим средним ножом или грунт предварительно разрыхляют. Весьма эффективно для таких условий применять навешенный в задней части базового трактора рыхлитель (рисунок 6.7) или специальные сменные отвалы. Отвал 13 (см. рисунок

6.6) оборудован одним передним и двумя задними зубьями. При движении машины задним ходом задние зубья прорезают в грунте прорезы, а при последующем движении передним ходом грунт дополнительно разрыхляют передним зубом и захватывают отвалом. Для взламывания асфальтовых покрытий при ремонте дорог применяют отвалы 14, оборудованные киркой в передней части. Мерзлые грунты разрабатывают отвалами 15 с гребенчатыми ножами или с установленными на ножах зубьями.

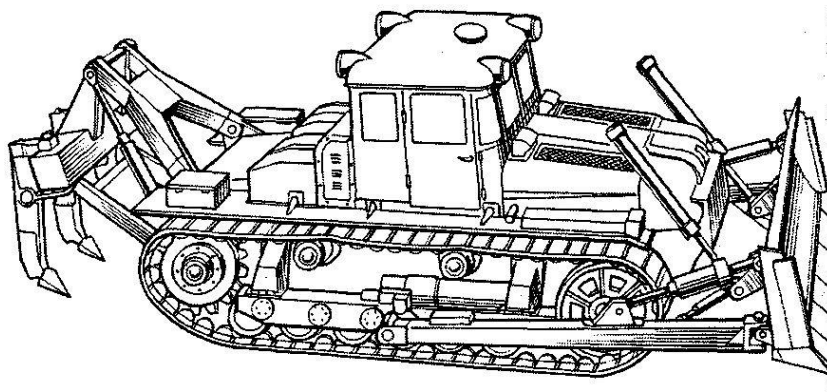


Рисунок 6.7. Бульдозер-рыхлитель

По завершении операции копания отвал устанавливают ножами на уровень земли и в таком положении бульдозер перемещают передним ходом на возможно большей скорости к месту отсыпки грунта. Во время транспортирования грунта часть его теряется по пути, ссыпаясь по сторонам отвала. Доля потерь зависит от вида грунта (наибольшие потери у несвязных, например, песчаных грунтов) и от дальности транспортирования. Эти потери не сказываются на производительности бульдозера, разрабатывающего выемку, поскольку производительность в этом случае определяют по объему вынутого из выемки грунта. В случае сооружения насыпи её определяют по объему доставленного в насыпь грунта. Влияние потерь грунта при его транспортировании на производительность бульдозера в этом случае ощутимо. Так, при транспортировании грунтов III категории (кроме сухого песка) на расстояние 40 м сменная производительность бульдозера примерно в 2,2 раза выше, чем при транспортировании тех же грунтов на расстояние 100 м.

Эффективным средством снижения потерь грунта является сокращение дальности транспортировки. На большие расстояния грунт перемещают с устройством *промежуточных валиков*, траншейным способом или с применением нескольких бульдозеров. Способ транспортирования грунта с устройством промежуточных валиков заключается в том, что сначала грунт перемещают на 40...50 м, накапливая его в первом валике, из которого его перемещают во второй валик на такое же расстояние к месту укладки.

При транспортировании грунта *траншейным способом* на всех рабочих циклах бульдозер перемещают по одной и той же трассе, всыпающийся по бокам отвала грунт образует валики, которые уменьшают потери грунта при последующих проходах бульдозера. Лучший эффект достигается при незначительном заглублении отвала в грунт вдоль трассы транспортирования и образовании таким образом неглубокой траншеи.

Транспортирование грунта одновременно несколькими бульдозерами применяют при достаточно широком фронте работ. При этом способе несколько бульдозеров передвигаются рядом с минимальными (до 0,5 м) зазорами между отвалами. Этот способ требует четкой координации движения всех машин с одинаковой скоростью, так как рассогласование скоростного режима равноценно по потерям грунта раздельной работе бульдозеров.

При разработке слабых грунтов производительность бульдозеров можно увеличить за счет использования дополнительных устройств к отвалам, изменяющих форму и объем последних (в 1,7...1,8 раз) в виде лобовых щитков, закрепляемых в верхней части отвала, уширителей и открьлков на его боковых стенках.

Производительность можно повысить за счет правильного выбора трассы транспортирования грунта, отдавая предпочтение движению под уклон. Влияние уклона на объем перемещае-

мого перед отвалом грунта иллюстрируется схемой (рисунок 6.8), из которой следует, что при движении по пересеченной трассе переход от уклона 1 к горизонтальному участку 2 или последнего к подъему 3 при одном и том же естественном откосе 4 связан с неизбежными потерями грунта. При перемещении под уклон $10...12^\circ$ можно повысить выработку бульдозера по сравнению с движением по горизонтальной трассе на $30...40\%$, и наоборот, при движении на подъем 10° производительность бульдозера снижается почти вдвое.

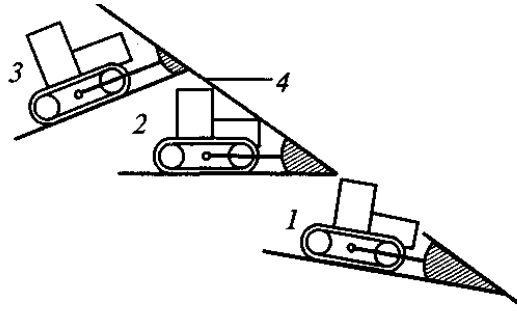


Рисунок 6.7. Влияние рельефа местности на объем грунта перед отвалом бульдозера при его транспортировке

Отсыпают грунт совместно с планировкой поверхности или без нее.

В первом случае отвал несколько поднимают над землей, и при движении бульдозера на малой скорости вперед грунт высыпается в зазор ниже режущей кромки отвала, а в дальнейшем, после выхода машины на отсыпанную возвышенность вперед, наращивая последнюю. Частично отсыпанный грунт уплотняется перемещаемыми по нему движителями. Освобождение отвала от грунта без его планировки заключается в отходе от него бульдозера задним ходом. Так, в частности, засыпают траншеи и пазухи фундаментов.

Возвращают бульдозер на исходную позицию следующего рабочего цикла на максимально возможной скорости задним (при небольших расстояниях передвижения) или передним ходом с разворотами.

Бульдозеры также используют на грузоподъемных работах, для чего их отвалы оборудуют грузовыми вилами 20 (см. рисунок 6.6) или траверсами с подъемными крюками 21.

6.4 Выбор землеройной машины

Эксплуатационная производительность одноковшового экскаватора (в $\text{м}^3/\text{ч}$)

$$P_{\Sigma} = (n q K_n K_B) / K_p$$

где q - вместимость ковша, м^3 ; K_n - коэффициент наполнения ковша ($K_n = 0,9-1,2$); $K_n = q'/q$ (где q' - объем разрыхленного грунта в ковше перед разгрузкой); K_p - коэффициент разрыхления грунта ($K_p = 1,15-1,4$); n - число циклов за час работы; $n = 3600/t$ (где t - продолжительность одного рабочего цикла, с); K_B - коэффициент использования экскаватора по времени (в зависимости от типа экскаватора и условий работы ($K_B \sim 0,65-0,80$)).

Продолжительность рабочего цикла t (с) при совмещении отдельных операций

$$t_{\Sigma} = t_k + t_{\text{пов}} + t_B + t_{\text{пз}}$$

где t_k , $t_{\text{пов}}$, t_B и $t_{\text{пз}}$ - соответственно продолжительность копания, поворота на выгрузку, выгрузки и поворота в забой, с.

Мощность, расходуемая на копание грунта (в кВт),

$$N_k = (A_{\text{уд}}/10^3 t_k) (q/\eta_d \eta_n)$$

где $A_{\text{уд}}$ - удельная энергоемкость копания, $\text{Дж}/\text{м}^3$; ($A_{\text{уд}} = 2 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{м}^3$ - для грунтов III категории, $A_{\text{уд}} = 2 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{м}^3$ - для грунтов IV категории); t_k - продолжительность копания, с [ориентировочно $t_k = (0,25-0,35)t$]; η_d - коэффициент использования номинальной мощности двигателя при копании ($\eta_d = 0,75-0,85$); η_n - КПД привода и рабочего оборудования (для экскаваторов с механическим приводом $\eta_n = 0,6-0,65$, то же с гидравлическим приводом $\eta_n = 0,5-0,65$).

Техническую производительность бульдозеров на послойной разработке грунтов определяют в зависимости от вида земляной сооружения. При разработке выемок она равна объему грунта вынутого из выемки за 1 ч непрерывной работы, приведенном к плотному состоянию:

$$П_{ТВ} = 3600V_{пр} / (t_{ц} k_p),$$

где $V_{пр}$ - объем призмы волочения в конце копания в разрыхленном состоянии, $м^3$; $t_{ц}$ - продолжительность цикла, с; k_p - коэффициент разрыхления грунта.

Объем призмы волочения является функцией ширины B и высоты H отвала:

$$V_{пр} = RH^2k_{пр},$$

где $k_{пр}$ - коэффициент пропорциональности, зависящий от крутизны откоса в призме волочения и от $H/B = 0,15...0,45$ он изменяется в пределах $0,65...0,6$ для связных (глины, суглинки) и $0,45...0,35$ для несвязных (пески, супеси) грунтов.

Продолжительность рабочего цикла (в секундах) при движении бульдозера передним ходом с разворотами на концах участка передвижения

$$t_{ц} = 3,6[l_k/v_p + l_T/v_T + (l_k + l_T)/v_{з.х.}] + t_n + t_y,$$

а при возвратном движении задним ходом

$$t_{ц} = 3,6[l_k/v_p + l_T/v_T + (l_k + l_T)/v_{з.х.}] + t_y,$$

где l_k и l_T - длины участков копания и транспортировки (несовмещенной с копанием), м; v_p , v_T , $v_{п.х.}$ и $v_{з.х.}$ - скорости рабочего, транспортного, возвратного вперед и возвратного назад ходов, км/ч; t_n и t_y - время, затрачиваемое на повороты и управление машиной в течение рабочего цикла, с.

Все скорости определяют расчетом исходя из условий полного использования тягово-сцепных свойств базового трактора и с учетом буксования, особенно в режиме копания, уменьшая рабочие скорости на 20...30% против расчетных. Так же, на основании расчета определяют продолжительность поворота бульдозера, а затраты времени на управление машиной принимают 7...8 с.

Если работы по копанию и транспортированию грунта полностью совмещены, как, например, при засыпке грунтом траншей, [то последняя зависимость преобразуется к виду:

$$t_{ц} = 3,6 l_k(l/v_p + l/v_{з.х.}) + t_y,$$

При возведении насыпей техническую производительность вычисляют по объему отсыпанного грунта, приведенного к плотному состоянию, с учетом потерь при его транспортировании через края отвала в боковые валики, которые составляют 3...6 % от текущего объема призмы волочения:

$$П_{тн} = П_{ТВ} k_{п},$$

где $k_{п}$ - коэффициент потерь грунта.

Отвал 5 бульдозера с поворотным в плане отвалом не имеет боковых стенок (см. рисунок 6.5, в). Он соединен с рамой 3 универсальным шарниром 12 в ее центральной части, который позволяет отвалу поворачиваться в плане в каждую сторону на угол 30...36° гидроцилиндрами 11 с последующим закреплением толкателей 70 на раме 3. Наклон отвала в вертикальной плоскости, а также его перекося осуществляется рассмотренными выше способами для неповоротного отвала. Для одновременной планировки откосов и их подошвы отвал дополнительно оборудуют наклонной наставкой 16 (см. рисунок 6.5, д) с жестким или шарнирным соединением с основным отвалом. В последнем случае наклон наставки регулируют специально установленным гидроцилиндром. Наставка 17 соответствующего профиля предназначена для очистки и планировки канав. Для перемещения грунта от стен зданий применяют отвальную приставку 18, двигаясь при этом задним ходом. Эффективность работы бульдозера на расчистке поверхностей от кустарника и мелких деревьев существенно: повышается за счет установки в средней части отвала кусторезного ножа 19.

Поворотные отвалы, применяемые как вспомогательное рабочее оборудование на машинах иного назначения, обычно устанавливают с постоянным углом захвата (угол наклона режущей кромки к направлению движения машины), жестко закрепляя на подъемной раме.

Бульдозеры с поворотным отвалом, выполняющие планировочные работы, а также очистку поверхностей от строительного мусора, снега, работают в непрерывном режиме. Отделенный от массива грунт (или другие материалы) перемещается по отвалу вверх и в сторону его наклона в плане по винтовым траекториям 1 (рисунок 6.8). При этом призма волочения, увлекаемая потоками грунта, непрерывно перемещается в сторону наклона отвала (направление 2) за его край и укладывается в виде валика параллельно направлению движения машины. Такое взаи-

модействие рабочего органа с грунтом, которое приводит к сдвигу грунта вдоль режущей кромки, называют косым резанием. При косом резании возникают дополнительные сопротивления перемещению грунта вдоль отвала.

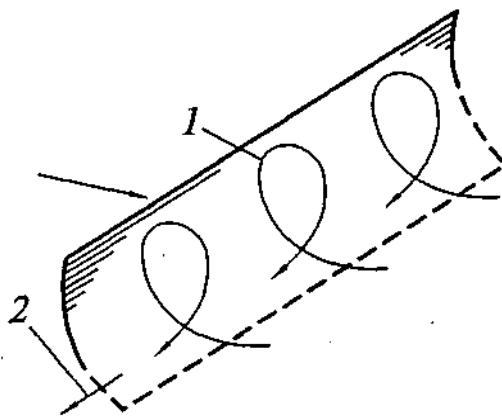


Рисунок 6.8. Схема формирования призмы волочения на поворотном в плане отвале

Техническая производительность бульдозера на планировочных работах

$$P_T = 3600 L \cdot [Bn - b(n-1)] / t_{\Sigma},$$

где P_T - техническая производительность бульдозера, $m^3/ч$; L - длина планируемого участка, м; B - ширина захвата, м; n - число полос планировки; b - ширина полосы перекрытия между смежными полосами планировки; t_{Σ} - суммарная продолжительность планировки участка, с.

При движении для последующих проходов с разворотами машины

$$t_{\Sigma} = [3,6L/v_p + t_y]n + t_n (n - 1)z,$$

а при холостом заднем ходе (челночная схема)

$$t_{\Sigma} = 3,6 L (1/v_p + 1/v_{3,x}) + t_y] n \cdot z$$

где z - число повторных проходов по одному следу.

Из сравнения этих выражений следует, что работа по челночной схеме производительней работы с разворотами машины при условии

$$L < v_{3,x} t_n (n-1) / (3,6 \cdot n).$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

МОНТАЖНЫЕ КРАНЫ, АВТОВЫШКИ, АВТОГИДРОПОДЪЁМНИКИ И АВТОПОГРУЗЧИКИ

Самыми распространенными грузоподъемными устройствами при производстве монтажных работ, являются монтажные краны различных типов. Монтажные краны подразделяются на:

- а) легкие стреловые краны;
- б) башенные краны;
- в) гусеничные краны и краны трубоукладчики;
- г) автомобильные краны;
- д) краны на пневмоходу;
- е) козловые и порталные краны;
- ж) мостовые краны.

Краны характеризуются своими техническими данными (параметрами). В каталогах приводятся следующие основные параметры:

1) грузоподъемность крана - масса наибольшего груза, который может поднять кран при минимальном вылете стрелы.

2) грузовой момент - произведение массы груза на вылет стрелы. Для отдельного типа и марки крана грузовой момент является величиной постоянной. Поэтому при увеличении вылета стрелы, грузоподъемность крана уменьшается, а при уменьшении - увеличивается.

3) вылет стрелы крана - расстояние от вертикальной оси крюка до оси вращения поворотной части крана.

4) длина стрелы - расстояние от оси нижнего шарнира стрелы до оси головного блока стрелы.

5) высота подъема крюка - наибольшая высота от плоскости, на которой установлен кран, до уровня, на который может быть поднят крюк крана с грузом. Высота подъема крюка зависит от длины стрелы и вылета стрелы.

6) скорость подъема груза (опускания) груза - расстояние, на которое перемещается груз по вертикали за единицу времени.

Заводы-поставщики указывают также и другие параметры: скорость передвижения крана; база, на которой смонтирован кран; скорость вращения поворотной части крана; габаритные размеры; нагрузка колеса на грунт; масса противовеса (для башенных кранов) и др.

При выборе крана необходимо учитывать его параметры, а также стоимость машино-смены монтажного крана и объем работ, который надлежит краном выполнить, т.е. необходимо учитывать экономическую эффективность использования крана.

Лёгкие стреловые краны относятся к простейшим грузоподъёмным устройствам, особенностью которых является стрела, на которой крепится грузовой блок или полиспаст.

Среди многочисленных конструкций стреловых кранов в практике монтажа сантехнических и вентиляционных систем, а также на заготовительных предприятиях, наибольшее применение нашли неполноповоротные переносные монтажные стрелы (краны - укосины) и полноповоротные стреловые краны типа "Пионер".

Неполноповоротный кран-укосина (рисунок 7.1) обслуживает отдельные агрегаты или площадки, трубогибочные механизмы, механизмы для группировки радиаторов, а также используется для погрузки на автомашины различных материалов.

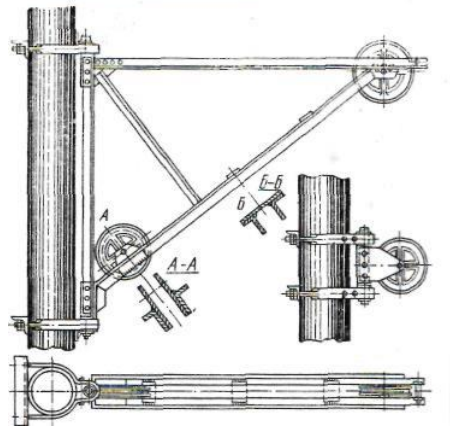


Рисунок 7.1. Кран-укосина

Кран состоит из вертикальной колонны, поворотной фермы, поворотного отводного блока и приводной однобарабанной тяговой лебедки. Колонна, как правило, бывает трубчатая, металлическая. Она изготавливается на месте и нижним концом заглубляется в землю. Верхний конец колонны закрепляется растяжками или прикрепляется к зданию. Запас прочности при проверке крепления колонны должен быть не менее 3,5.

Техническая характеристика

Наименование параметра	Норма
Грузоподъемность, т	1
Вылет, м	2,25
Тяговое усилие приводной лебедки, кг	1,25
Угол поворота в горизонтальной плоскости, град	230
Габариты, мм:	
длина	2400
ширина	175
высота	1900
Масса комплекта (укосины и отводного блока), кг	220

ЗАО "Кран-Сервис" (Уфа) производит ряд лёгких стреловых кранов, позволяющих максимально механизировать монтаж систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также монтаж малых котлов для квартирного отопления. Техническая характеристика этих кранов приведена в таблице 7.1. Наряду с легкими стреловыми кранами ЗАО "Кран-Сервис" выпускает оконные краны КО-0,25, балконные краны КБ-0,25 и краны, устанавливаемые на крышах зданий или на строительных лесах. Установка оконных и балконных кранов производится с помощью винтов и пяты. Эти краны очень удобны для подъёма на этаж трубных узлов сантехнических заготовок, радиаторных и конверторных блоков, калориферов, сантехнических приборов и т.п. Грузоподъёмность их составляет 250 кг, высота подъёма 11 м, угол поворота от номинального положения 90^0 , масса крана с лебёдкой 200 кг (для крана КК-025 - 380 кг).

Выпускаемые этой фирмой лёгкие козловые краны грузоподъёмностью 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0 т удобны для монтажа кондиционеров, вентиляционного оборудования и пылегазоулавливающих установок, а также в заготовительном производстве. Длина пролёта этих кранов 3,5 м, высота подъёма 3 м. Наибольшее распространение при производстве монтажных работ получили автомобильные краны. Несмотря на их мобильность, универсальность и удобства организации монтажа их применение нужно обосновывать экономическими соображениями с учётом довольно значительной стоимости машино-часа эксплуатации.

При подборе крана следует учитывать его грузоподъёмность, вылет стрелы, высоту подъёма крюка и другие технические данные.

Грузоподъёмность крана зависит от вылета стрелы. Каталожная грузоподъёмность крана указывается при минимальном вылете стрелы, при увеличении вылета стрелы, что достигается

либо за счет изменения угла наклона стрелы, либо за счёт изменения длины стрелы, грузоподъёмность уменьшается и при максимальном вылете будет минимальной.

Высота подъёма крюка также зависит от вылета стрелы автокрана и от длины стрелы.

Таблица 7.1 - Техническая характеристика кранов КБК-025 и КСП-1

Наименование параметра	Норма
Кран консольно-балочный КБК-025	
Грузоподъёмность, кН	2,5
Высота подъёма груза, м	до 40
Пролёт крана, м	2,94
Вылет стрелы, м	1
Кран консольно-балочный КБК-025	
Максимально допустимый размер груза, м	1,0×1,2
Габаритные размеры м	2,6×4,5×1,42
Масса (без контргруза), кг	190
Кран устанавливается на земле или перекрытиях зданий	
Кран стреловой передвижной КСП-1	
Грузоподъёмность при однократной заправке, кН ...	5
Грузоподъёмность при двукратной заправке, кН	10
Вылет стрелы максимальный, м	4
Вылет стрелы минимальный, м	2,3
Высота подъёма максимальная, м	6,1
Угол поворота, град.	360
Масса крана, кг	920

Грузоподъёмность, длина стрелы, высота подъёма крюка и вылет стрелы связаны специальными графиками, где по оси абсцисс отложена величина вылета стрелы, по оси ординат слева длина стрелы, а справа высота подъёма крюка; грузоподъёмность определяется по кривым графика в зависимости от вышеприведенных параметров.

В качестве примера приведён график определения грузоподъёмности и высоты подъёма крюка Н м, в зависимости от длины стрелы и вылета стрелы $l_{стр}$ для автокрана КС-55716, выпускаемого Камышинским ОАО "Газпром-Кран", максимальной грузоподъёмностью 25 т при вылете стрелы $l_{стр}=3$ м.

Автокрановые установки монтируются на шасси автомобиля КамАЗ, КрАЗ, Урал, МАЗ. Многие автокраны имеют телескопические стрелы с 2 - 4-мя секциями, позволяющими легко изменять длину стрелы.

В России около 20 предприятий выпускают автокраны различной грузоподъёмности. ОАО "Автокран" (г. Иваново) выпускает автомобильные краны грузоподъёмностью от 16 до 50 т, снабженные выносными опорами, устанавливаемыми при помощи гидравлического привода. Краны "Ивановец" имеют телескопические двух-трёх секционные стрелы, которые выдвигаются с помощью длиноходовых гидроцилиндров.

ОАО "Газпром-Кран" (г. Камышин) выпускает краны грузоподъёмностью 25, 32, 50 т. Техническая характеристика автокрана грузоподъёмностью 25 т приведена в таблице 7.2. График для определения грузоподъёмности и высоты подъёма в зависимости от вылета стрелы представлен на рисунке 7.2.

Таблица 7.2 - Техническая характеристика автокрана грузоподъемностью 25 т. ОАО "Газ-пром -Кран"

Наименование параметра	Норма
Максимальная грузоподъёмность, т	25
Грузовой момент, тм	30,0
Длина стрелы, м	9,3-21,5
Длина гуська, м	7,15
Максимальная высота подъёма крана, м:	22,3
на основной стреле	
на стреле с гуськом	28,8
Скорость:	
подъёма-опускания груза, м/мин	9,5
вращения поворотной части, об/мин	2,0
транспортная, км/ч	60
Радиус поворота, м	12,9
Мощность двигателя, кВт (л.с)	177(240)
Масса в транспортном положении, т	22,5
Габаритные размеры, мм	11450×2500×3600
Базовое шасси	УРАЛ 4320-1912-30

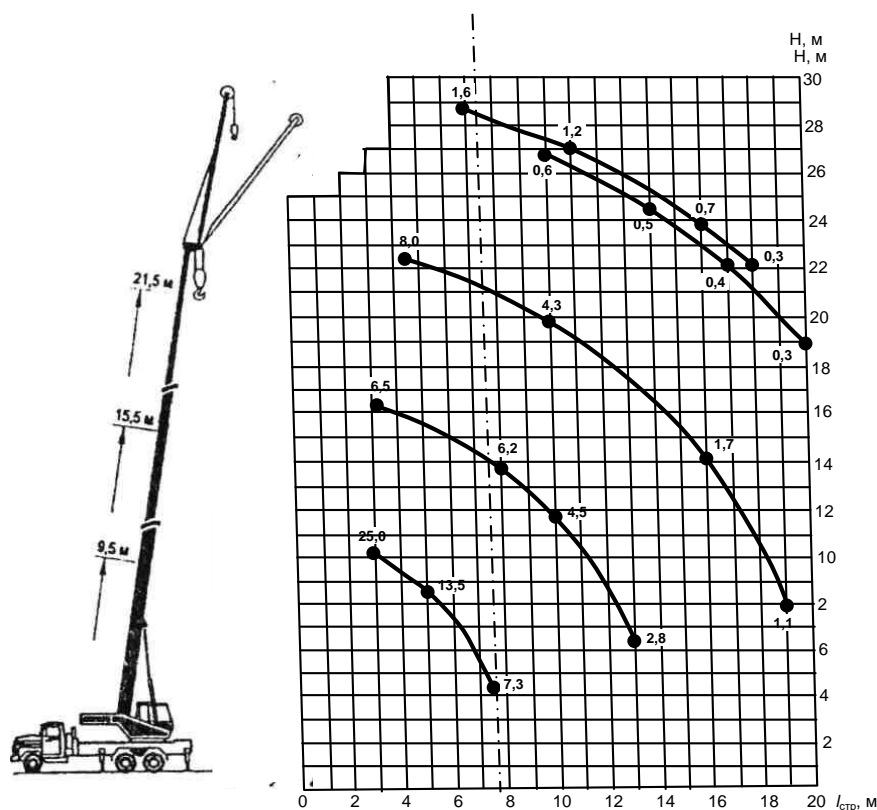


Рисунок 7.2. График для определения грузоподъёмности и высоты подъёма крюка в зависимости от вылета стрелы

ОАО "Клинцовский Автокрановый завод" выпускает краны грузоподъёмностью 15-20 тонн. Эти краны успешно используются при сооружении тепловых и газовых сетей, а также при монтаже систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Краны "Клинцы" оснащены двух-трёх секционными телескопическими стрелами длиной 8-18 м. Для увеличения высоты подъёма могут комплектоваться решетчатым гуськом длиной 7,5 м. Базовыми автомобилями для кранов "Клинцы" являются Урал, МАЗ, КамАЗ.

Автомобильные краны "Ульяновец" грузоподъёмностью 20-25 тонн выпускает ОАО "Ульяновский механический завод №2". Краны монтируют на шасси КамАЗ, КрАЗ, Урал. Краны оснащены трёхсекционной стрелой длиной 21,7 м и 6-ти или 8-ми метровым гуськом, увеличивающий высоту подъёма крюка до 27 м. Технические характеристики автокранов "Клинцы" приведены в справочной литературе.

Подробные характеристики этих и других автокранов приведены в каталогах заводов изготовителей.

Почти все современные краны оснащены микропроцессорным ограничителем грузоподъёмности в зависимости от длины вылета стрелы крана. Прибор с цифровой индексацией информации показывает фактическую величину груза на крюке, а также по заданным координатам автоматически ограничивает зону действия крана при работе в стесненных условиях или в зоне расположения линии электропередач.

При производстве монтажных и погрузо-разгрузочных работ серьёзную конкуренцию автокранам и автоподъёмникам составляют краны-манипуляторы, которые совмещают функции транспортного средства для перевозки грузов, грузоподъёмного механизма для погрузки и разгрузки грузов, а также функции подъёмников для работы на высоте. Краны-манипуляторы комплектуются сменными приспособлениями: клещевыми захватами для труб, вилочным захватом, телескопическим гуськом и люлькой для подъёма людей. Технические характеристики гидроманипуляторов Балашихинского завода автокранов-манипуляторов (ЗАО "БАКМ-Сервис") приведены в справочной литературе.

Для производства монтажных работ на высоте (монтаж воздухопроводов, трубопроводов, газовых и тепловых сетей при наземной прокладке) применяют самоходные подмости, автовышки и автогидроподъёмники. Самоходные подмости на гусеничном ходу с автономным питанием от карбюраторного двигателя или с питанием от электросети при помощи гибкого кабеля, позволяют поднимать рабочую площадку размером 5×2 м с рабочими, инструментом и монтируемыми конструкциями на высоту до 12 м. На рисунке 3 представлены подмости ПВС-8. Технические характеристики на самоходные подмости приведены в справочной литературе.

Автовышки ВИ-15М и ВИ-23М смонтированы соответственно на автомобилях ГАЗ и ЗИЛ, предназначены для подъёма люльки с двухсот килограммами груза (два монтажника с инструментом) на высоту соответственно 13,6 м и 21,6 м. Поскольку подъём люльки может осуществляться только вертикально, применение автовышек на монтаже ограничено.

Автогидроподъёмники, выпускаемые ОАО "Завидовский экспериментально-механический завод" позволяют обслуживать зону монтажа в широком диапазоне. Технические характеристики автогидроподъёмников приведены в справочной литературе.

При монтаже вентиляционного и сантехнического оборудования на нулевой отметке эффективно применять автопогрузчики. Кроме того, автопогрузчики применяют на комплекточных площадках для комплектования вентиляционных и сантехнических систем, а также при работе в закрытых складах, вагонах и фурах. В России автопогрузчики не изготавливаются, они импортируются из Украины (г. Львов), Болгарии, Кореи и др. Львовские автопогрузчики с дизельным или бензиновым двигателем обладают повышенной проходимостью, приспособлены для работы на открытой местности или в неотапливаемых помещениях. Они оснащены обогреваемой закрытой кабиной.

Технические характеристики львовских автопогрузчиков приведены в справочной литературе.

Болгария является давним поставщиком широкой гамы автопогрузчиков в Советский Союз, а затем в Россию. Автопогрузчики серии "Рекорд" с открытой кабиной оборудованы гидросистемой руля, что делает их чрезвычайно лёгкими в управлении. Технические характеристики приведены в справочной литературе.

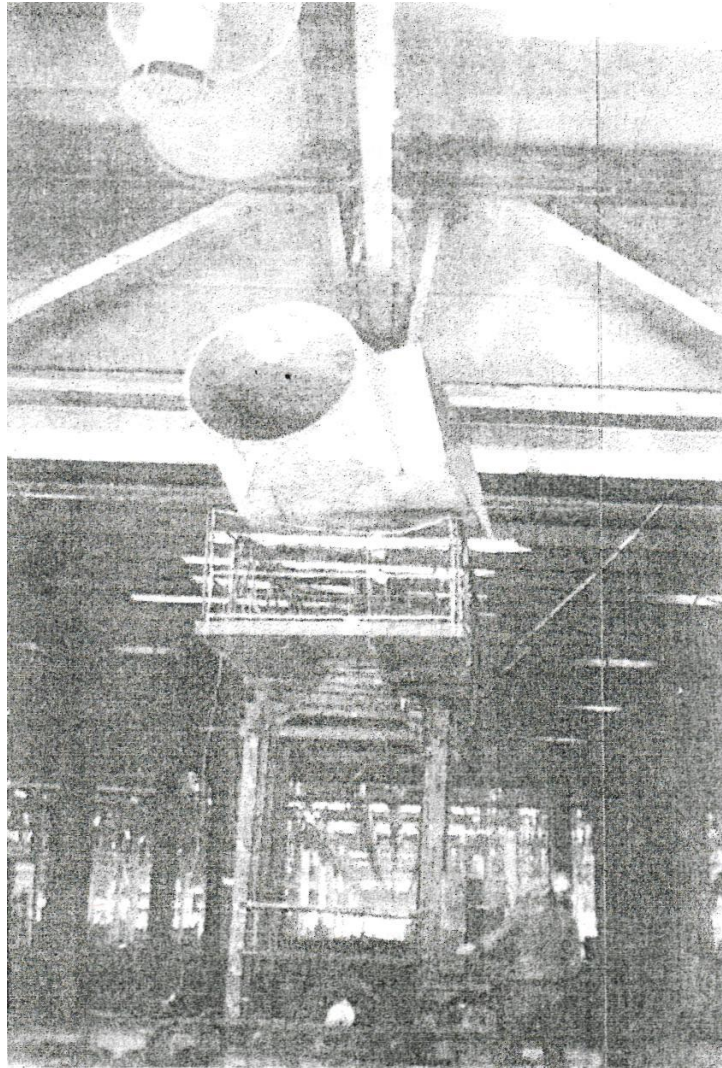


Рисунок 7.3. Монтаж вентиляционной системы с использованием самоходных подмостей ПВС-8

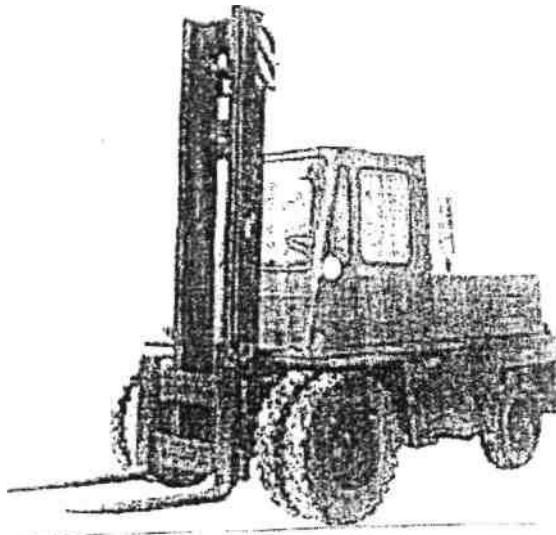


Рисунок 7.4. Автопогрузчик Львовского автозавода модели 41015.45

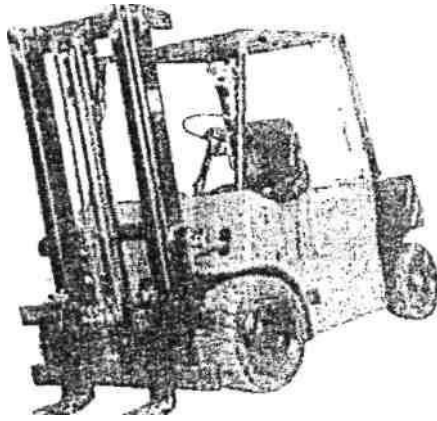


Рисунок 7.5. Автопогрузчик серии "Рекорд-2" модели ДВ 1788.45 фирмы "Balkancar"

Литература

Основная литература

1. Волков Д.П. Строительные машины и средства малой механизации: учебник для среднего профобразования/Д.П. Волков, В.Я. Крикун. – 8-е изд. стер. – Москва: Академия, 2012. – 478 с. :ил. – (Среднее профессиональное образование: Строительство и архитектура) (Соответствует ФГОС). – Библиогр. в конце кн. – ISBN 978-5-7695-9402-1 (в пер.).
2. Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация строительства: учебник для вузов/Е.М.Кудрявцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., АСВ, 2005. – 424 с. – ISBN 5-93093-332-4 : 225.00
3. Пермяков В.Б. Комплексная механизация строительства: учебник для вузов/В.Б. Пермяков. – М.: Высш. шк., 2005. – 383 с.: ил. – Библиогр. в конце кн. – ISBN 5-06-004887-X / в пер./ : 218.83.

Дополнительна литература

1. Крикун В.Я. Строительные машины: учебное пособие для вузов/В.Я. Крикун. – М.: АСВ, 2005 – 232 с. – Библиогр. в конце кн. – ISBN 5-93093-325-1 : 163.00.
2. Добронравов С.С. Строительные машины и основы автоматизации: учебник для вузов/С.С. Добронравов, В.Г. Дронов. – 2-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 575 с.: ил. – Библиогр. в конце кн. – ISBN 5-06-003857-2 / в пер./ : 283.14.
3. Ковалев Р.А. Механизация и автоматизация производства систем теплогазоснабжения и вентиляции : учеб.-метод. пособие /Р.А. Ковалев, О.М. Пискунов, А.А. Подколзин; под ред. А.А. Подколзина; ТулГУ - Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. - 221 с.: ил. – ISBN 978-5-7679-1795-2.
4. Подколзин А.А. Расчет средств механизации монтажно-сборочных работ при сооружении систем ТГВ : учеб.-метод. пособие /А.А.Подколзин, О.М. Пискунов, Р.А. Ковалев; ТулГУ. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. - 63 с.: ил. – ISBN 978-5-7679-2094-5.