



Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т. Ф. Горбачёва



Горный  
институт

А. А. Хорешок А. М. Цехин А. Ю. Борисов

---

## ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК



Кемерово 2014

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

А. А. ХОРЕШОК А. М. ЦЕХИН А. Ю. БОРИСОВ

# **ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

## **УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации  
по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия  
для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки (специальности)  
«Горное дело» (специализация «Горные машины и оборудование»)

Кемерово 2014

УДК 622.14+622.12 (075.8)

Рецензенты:

Заведующий лабораторией угольной геотехники ИУ СО РАН доктор технических наук В. В. Аксенов

Кафедра «Горно-шахтное оборудование» Юргинского технологического института (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета (зав. кафедрой кандидат технических наук А. А. Казанцев)

Хорешок А. А.

**Горные машины и проведение горных выработок** : учеб. пособие / А. А. Хорешок, А. М. Цехин, А. Ю. Борисов ; Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2014. – 210 с.

ISBN 978-5-89070-980-0

В данном учебном пособии рассматриваются основные понятия о процессах сооружения скважин, о свойствах горных пород, влияющих на эти процессы, технологические аспекты сооружения скважин, а также применяемое буровое оборудование и инструмент.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей 130101.65 «Прикладная геология», специализация «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых», и 130400.65 «Горное дело», специализация 130409.65 «Горные машины и оборудование».

УДК 622.14+622.12 (075.8)

© Хорешок А. А., Цехин А. М.,  
Борисов А. Ю., 2014

© Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, 2014

ISBN 978-5-89070-980-0

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Объемы потребления минерального сырья возрастают, что предопределяет увеличение объемов геологоразведочных работ, планомерное, экономически эффективное обеспечение промышленности разведанными запасами. Первостепенная задача геологоразведки – открытие новых месторождений, определение качества и запасов полезного ископаемого, оценка геологических условий его залегания. При проведении этих работ изучают закономерности размещения полезных ископаемых, условия их образования, особенности строения, вещественный состав, дают геолого-экономическую оценку месторождения и производят его подготовку к промышленному освоению. По результатам геологоразведочных работ производят подсчет, утверждают запасы полезных ископаемых и дают их прогнозную оценку. В комплексе геологоразведочных работ бурение скважин составляет, по разным источникам, от 30 до 50 % затрат геологических изысканий. Разведочное бурение в этом плане является ведущим как по объемам, так и по материальным затратам. В этой связи совершенствование технологических процессов, буровых станков и бурового инструмента имеет первостепенное значение.

Необходимость издания настоящего учебного пособия продиктована отсутствием новых учебников, учебных пособий с компактной информацией по приведенным в его разделах вопросам. Представленные материалы систематизируют большой объем этой информации, снабжены иллюстрациями и изложены достаточно логично и доступно.

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

## 1.1. Условия проведения выработок

Основными задачами разведчиков недр являются открытие месторождений, определение количества и качества полезного ископаемого и изучение геологических и гидрогеологических условий его залегания. Обобщение геологических данных по разрабатываемым и разведваемым месторождениям, составление прогнозных карт на основе изучения полученных при этом материалов с привлечением современных способов и средств разведки позволило существенно повысить точность поисково-разведочных работ.

Условия залегания полезных ископаемых в недрах Земли, их качество и запасы, а также экономическую целесообразность эксплуатации месторождения определяют с помощью буровых скважин и горноразведочных выработок. Основным методом установления запасов месторождения с крайне неравномерным содержанием полезных компонентов и невыдержанностью рудных тел по мощности, которые нельзя разведать буровым способом, является проведение горноразведочных выработок, позволяющих получить наиболее достоверную информацию о месторождении. Горные выработки дают возможность наблюдать за условиями и элементами залегания месторождения, детально и всесторонне исследовать геологическую обстановку, определять ценность полезного ископаемого и его запасы.

Сочетание горноразведочных работ с подземным бурением, геофизическими и другими методами изучения месторождений полезных ископаемых значительно повышает эффективность работ геологов-разведчиков.

Геологоразведочный процесс представляет собой комплекс работ, связанных с проведением, креплением и поддержанием горноразведочных выработок. Горные выработки, пройденные в недрах Земли, называют подземными, а на поверхности – открытыми.

Разведочные выработки проводятся с целью поиска и разведки месторождений полезных ископаемых. Объемы проходческих работ зависят от стадии геологоразведки: съемка, предварительная, детальная, эксплуатационная разведки. Целью проведения горной выработки является получение полной, достоверной информации об изучаемом месторождении, подсчет его запасов. В зависимости от

функционального назначения различают транспортные, грузолоудские, закладочные, водоотливные и другие горные выработки.

Разведочная шахта осуществляет разведку месторождения подземным способом и включает совокупность подземных выработок, предназначенных только для разведки месторождения: ствол, шурф, штольня, рассечка, квершлаг, штрек, орт, восстающий, бремсберг, уклон.

Проведение горноразведочных выработок имеет свою специфику, поскольку работы ведут в неизученном массиве. Использование ультразвуковой аппаратуры и методов контроля массива, позволяющих определять физико-механические свойства горных пород, структурные особенности и условия их залегания, значительно расширило область их применения.

В последнее время область использования горных выработок при разведке месторождений расширилась в результате совершенствования технологии, механизации и организации горноразведочных работ.

В крупных геологоразведочных организациях широко внедряют механизацию основных и вспомогательных проходческих операций, применяют комбайны, обеспечивающие комплексную механизацию проведения горных выработок и автоматизацию производственного процесса.

Однако временный характер горноразведочных работ, небольшие объемы по сравнению с горными предприятиями, проведение работ в труднодоступных районах, разбросанность объектов и их отдаленность от промышленных центров все еще затрудняют внедрение передовой технологии и механизации.

При детальной разведке месторождений основными горными выработками являются штольни и стволы шахт с комплексом других подземных выработок, преимущества которых перед бурением особенно видны при разведке месторождений цветных, редких и радиоактивных металлов, причем преимущества тем яснее, чем больше размеры, сложность и глубина залегания месторождений.

При эксплуатационной разведке на горных предприятиях проводят разнообразные разведочные горные выработки, выбор которых в значительной степени определяется способом разработки месторождений. Штольни, стволы шахт, квершлаг, штреки, рассечки

и восстающие проходят с учетом возможности использования их при эксплуатации.

Внедрение новой техники и технологии горноразведочных работ на базе современных достижений науки и техники позволило создать горноразведочные предприятия нового типа, оснащенные высокопроизводительной горнотранспортной техникой на основе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

Повышение степени использования имеющейся и вновь поступающей техники, совершенствование технологических процессов, упрощение технологии и применение технических средств, обеспечивающих комплексную механизацию основных и вспомогательных процессов – резерв повышения производительности труда при проведении горноразведочных работ.

Физические свойства пород подразделяются на группы: геолого-структурные, геолого-технические, механические, акустические, термические, электрические, магнитные, радиоактивные, водно-коллоидные [1]. К геолого-структурным относятся линейность, слоистость, отдельность, кливаж, трещиноватость, пористость, раздробленность, сланцеватость и др. К геолого-техническим – плотность, удельный вес, влажность, мерзлотность и др. Механическими свойствами являются упругость, хрупкость, пластичность, текучесть, прочность, абразивность, разрушаемость, разрыхляемость, сыпучесть, устойчивость и др. Акустические свойства проявляются при передаче упругих колебаний, поглощении упругих волн. Эти процессы оцениваются параметром – волновое сопротивление. К термическим свойствам относятся теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость, температура плавления и др.

Электрические, магнитные и радиоактивные свойства горных пород проявляются при воздействии на них электрического, магнитного или радиоактивного полей и оцениваются такими параметрами, как: электропроводность, электрическая прочность, диамагнетизм, парамагнетизм, поглощающая и рассеивающая способности. К водно-коллоидным свойствам относятся: смачиваемость, влагоемкость, водопоглощение, водонасыщенность, водопроницаемость, водоотдача, набухаемость, размокаемость, плавучесть, растворимость и т. д.

Геолого-структурные и геолого-технические свойства пород связаны с геологическими процессами и широко используются при геологических исследованиях. Остальные описанные выше свойства зависят от условий взаимодействия физических полей или среды с породой.

В широком смысле под грунтом понимается рыхлая горная порода, которую отличает от скальных крепких пород раздробленность и дисперсность. В состав грунтов входят три группы элементов: твердые минеральные частицы, минеральные соединения, вода и газообразные включения. То есть грунт представляет собой трехкомпонентную систему, свойства которой зависят от ее состава, происхождения и других факторов. Твердые минеральные частицы грунтов представляют собой разнообразные по форме, размеру и составу зерна, частицы. По их крупности грунты распределяются следующим образом: I – высокодисперсные глинистые, содержащие свыше 50 % глинистых частиц размером 0,001–0,005 мм; II – переходные от глинистых к пылеватым с размеров частиц 0,005–0,01 мм; III – пылеватые, содержащие более 50 % частиц размером 0,01–0,05 мм; IV – песчаные, содержащие более 50 % частиц и зерен песка размером 0,05–2,0 мм [2]. Вода в грунте может находиться в свободном или связанном состояниях. Связная вода представляет собой тонкие пленки, которыми окружены минеральные частицы грунта. Грунты классифицируются на искусственные (намывные, насыпные), осадочные нескальные (песчаные), осадочные полускальные, а также скальные (магматические, метаморфические, осадочные). Магматические скальные породы включают гранит, диорит, сиенит, габбро, липарит, андезит, трахит и базальт. К метаморфическим скальным породам относятся гнейс, кварцит, филлит, глинистый сланец, роговик, скарн, мрамор, милонит. Осадочные скальные породы представлены доломитом, известняком, а осадочные полускальные грунты – мергелем, мелом, диатомитом, песчаником, алевролитом, аргиллитом.

#### *Физические свойства грунтов*

К физическим свойствам грунтов относятся: плотность  $\gamma$ , влажность  $W$ . Плотностью грунта называют массу единицы его объема. Влажностью грунта – отношение массы воды к массе высушенного грунта.

Плотность грунта изменяется в широких пределах:  $(0,5–3,0) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Для песков она равна  $(1,3–2,65) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , для глин –



$(1,2-2,78) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, для песчаников –  $(2,0-2,9) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, для алевролитов –  $(1,8-2,8) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, для аргиллитов –  $(1,7-2,9) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, для мраморов –  $(1,8-2,8) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, для известняков –  $(1,8-2,9) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Влажность грунтов изменяется в пределах от 0 до 3,0.

#### *Механические свойства нескальных грунтов*

К механическим свойствам грунтов относятся: удельное сцепление  $C_n$ , угол внутреннего трения  $\varphi_n$ , модуль деформации  $E$ .

Удельное сцепление для твердого грунта  $C_n \cdot 10^5 = 1$  Па, для полутвердого – 0,6 Па, для мягкопластичного – 0,2 Па, для текучепластичного – 0,1 Па, а для текучего грунта – 0,05 Па. Суглинки имеют удельное сопротивление  $C_n \cdot 10^5 = (0,12-0,47)$  Па, а глины –  $C_n \cdot 10^5 = (0,29-0,81)$  Па. Угол внутреннего трения  $\varphi_n$  для суглинистых и глинистых грунтов составляет 6–26°. Меньшее значение для текучего, а большее для твердого состояний грунтов. Модуль деформации для суглинистых и глинистых грунтов  $E \cdot 10^5 = 50-340$  Па.

#### *Механические свойства скальных грунтов*

Скорость бурения разведочных скважин в этих грунтах зависит от механических свойств пород: упругие свойства, временное сопротивление сжатию, твердость, абразивность, пластичность, хрупкость, трещиноватость и др.

Упругость – основное механическое свойство горных пород, характеризующее способность грунта сопротивляться изменению его формы и объема под действием сил, вызвавших его деформацию. К механическим свойствам этих грунтов относятся: модуль упругости Юнга  $E$ , коэффициент Пуассона  $\mu$ , константа Ляме  $\lambda$ , модуль сдвига  $G$ , предел прочности пород на одноосное сжатие  $\sigma_{сж}$ .

Значения модуля упругости первого рода  $E \cdot 10^{10}$ , Па для некоторых метаморфических, осадочных пород приведены ниже. Кварцит – (7,5–10); базальт – 9,7; мрамор – (3,9–9,2); известняк – (1,3–8,5); песчаник – (7,3–7,8); гранит – (6–9,42) [4].

Данные по параметру коэффициент Пуассона выглядят следующим образом. Песчаник – 0,33; кварцитопесчаник – 0,1; мрамор – (0,34–0,4); известняк – (0,19–0,33); уголь (0,14–0,16).

Существенное влияние на разрушаемость горных пород при бурении оказывает такой показатель, как сопротивляемость сжатию. Для кварцита  $\sigma_{сж} \cdot 10^5 = (2940-4900)$  Па, для гранита – (2940–4900) Па, для известняка (1000–2000) Па, для песчаника (2000) Па, для мрамора (980) Па.

## 1.2. Технология проведения подземных горноразведочных выработок

### 1.2.1. Типовые сечения горизонтальных выработок

Типовые сечения горизонтальных горноразведочных выработок в свету разработаны для условий размещения в них средств механизации проходческих и транспортных работ; рельсовых путей; подземных коммуникаций (трубопроводов сжатого воздуха, вентиляции, технического водоснабжения, силовых и осветительных кабелей и арматуры). Размеры выработок в проходке определяют в каждом конкретном случае в зависимости от категории крепости пород в соответствии с Нормативами превышения сечений горноразведочных выработок в проходке по сравнению с сечениями вчерне при производстве геологоразведочных работ [3].

При проведении горизонтальных горноразведочных выработок нашли применение две формы поперечных сечений: трапециевидная (Т) и прямоугольно-сводчатая с коробовым сводом (ПС). Для выработок трапециевидной формы разработаны типовые сечения с применением сплошной крепи, крепи вразбежку с затяжкой только кровли и с затяжкой кровли и боков (рис. 1.1–1.4, табл. 1.1).

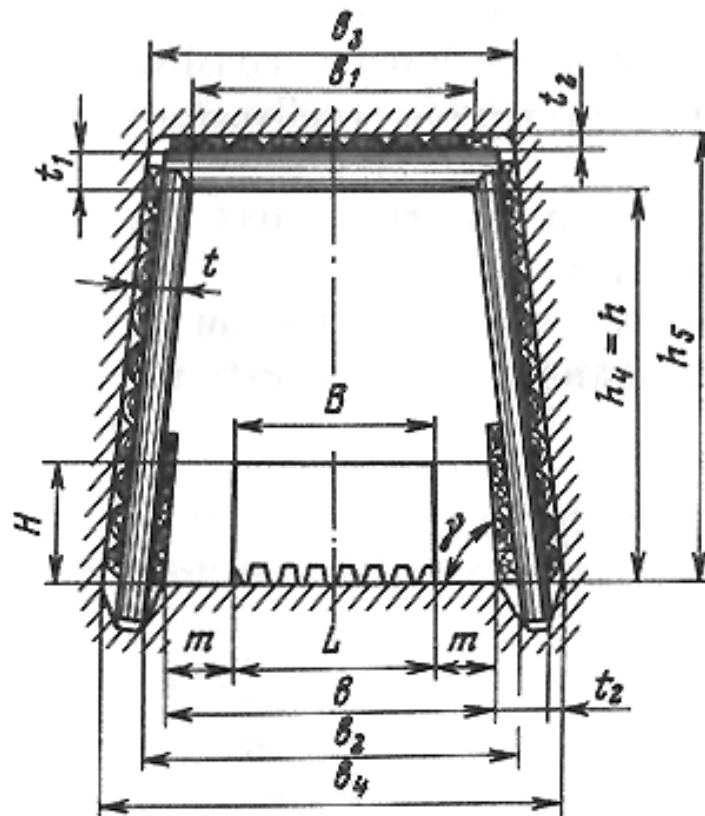


Рис. 1.1. Типовое сечение выработки трапециевидной формы с деревянной крепью и скреперной доставкой породы

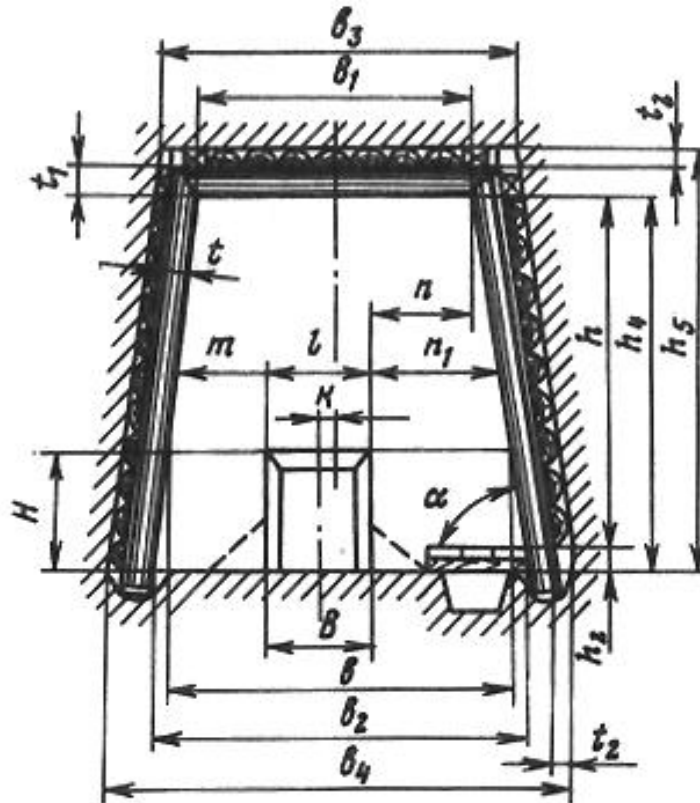


Рис. 1.2. Типовое сечение выработки трапециевидной формы с деревянной крепью и конвейерной доставкой породы

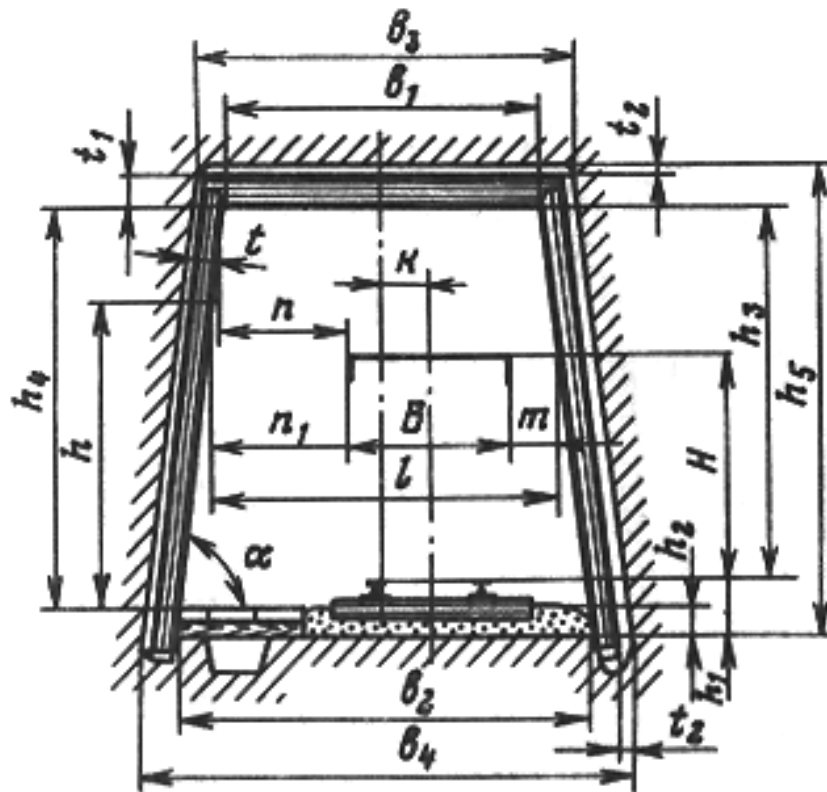


Рис. 1.3. Типовое сечение однопутной выработки трапециевидной формы с локомотивной откаткой породы

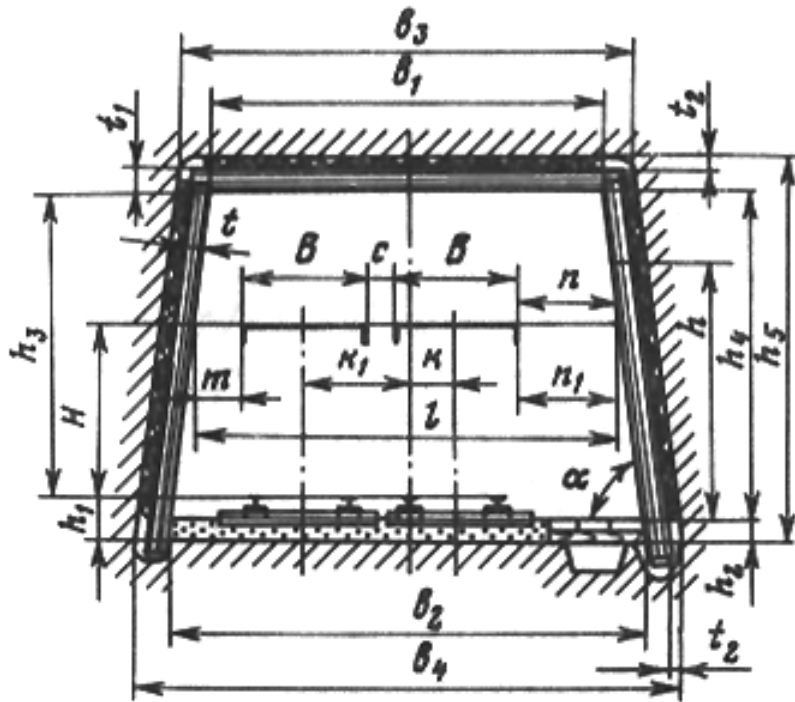


Рис. 1.4. Типовое сечение двухпутной выработки трапециевидной формы с локомотивной откаткой породы

По каталогам горно-шахтного оборудования выбирают высоту  $H$  и ширину  $B$  транспортного средства. В соответствии с правилами безопасности и правилами технической эксплуатации оборудования выбирают высоту свободного прохода  $h$ , высоту от почвы до головки рельса  $h_1$ , высоту балластного слоя  $h_2$ , высоту выработки от головки рельса до верхняка  $h_3$ , ширину свободного прохода  $n$  на высоте  $h$ , зазор между транспортным оборудованием и стенкой выработки  $m$ , зазор между подвижными составами  $c$ , толщину стоек  $t$ , толщину верхняка  $t_2$ , толщину затяжки  $t_3$ , угол наклона боковой стороны к основанию выработки  $\alpha$ .

Высота выработки в свету определяется следующим образом:

без рельсового пути  $h_4$ ;

при скреперной погрузке породы  $h_4 = h$ ;

при конвейерной доставке породы  $h_4 = h + h_2$ ;

при рельсовом пути без балластного слоя  $h_4 = h_1 + h_3$ ;

при рельсовом пути с балластным слоем  $h_4 = h_1 + h_3 - h_2$ .

Высота выработки в черне:

без балластного слоя  $h_5 = h_4 + t_1 + t_2$ ;

с балластным слоем  $h_5 = h_4 + h_2 + t_1 + t_2$ .

Ширина выработки в свету по верхняку определится по формулам:

без рельсового пути  $b_1 = b - 2(h - H) \operatorname{ctg} \alpha$ ;

при наличии рельсового пути  $b_1 = b - 2(h_3 - H) \operatorname{ctg} \alpha$ .

Ширина выработки в черне по верхняку находится из выражения

$$b_3 = b_1 + 2(t + t_2) \sin \alpha.$$

Ширина нижнего основания выработки в свету определяется следующим образом:

без рельсового пути  $b_2 = b + 2H \operatorname{ctg} \alpha$ ;

с рельсовым путем  $b_2 = b + 2(H + h_1) \operatorname{ctg} \alpha$ .

Ширина нижнего основания выработки в черне:

без балластного слоя  $b_4 = b_2 + 2(t + t_2) \sin \alpha$ ;

с балластным слоем  $b_4 = b_3 + 2h_5 \operatorname{ctg} \alpha$ .

Площадь поперечного сечения в свету находится по формуле

$$S = h_4 (b_1 + b_2) / 2.$$

Таблица 1.1

Размеры сечений выработок трапециевидной формы

Обозначение сечения	Размеры сечения, мм			Площадь сечения, мм <sup>2</sup>
	$b_1$	$b_2$	$b_4$	
T-2,0	870	1310	1800	2,0
T-2,8	1350	1790	1800	2,8
T-3,7	1480	2000	2110	3,7
T-4,4	1700	2250	2240	4,4
T-5,0	1760	2360	2430	5,0
T-8,3	3270	3840	2340	8,3
T-9,2	3460	4040	2430	9,2

Для крепления выработок трапециевидной формы применяют круглый лес хвойных пород. Верхняк крепи имеет диаметр, который можно рассчитать по формуле проф. М. М. Протодьяконова:

$$d = 0,11 l (10 L / (f R_{и}))^{1/2}, \quad (1.1)$$

где  $d$  – диаметр верхняка, см;  $l$  – длина верхняка, см;  $L$  – расстояние между осями соседних рам, см;  $f$  – коэффициент крепости пород;  $R_{и}$  – расчетное сопротивление древесины на изгиб, МПа.

Затяжка при креплении выработок имеет толщину 50 мм. Как видно из рисунков, в выработках предусмотрены водосборные каналы, площадь сечения которых принимается в зависимости от объ-

емов протекающей воды, уклона нижнего основания выработки. Угол откоса стенок канавы трапецевидного сечения до  $60^\circ$ .

Типовые сечения выработок прямоугольно-сводчатой формы (рис. 1.5–1.9, табл.1.2) предусматривают применение анкерной, металлической и монолитной бетонной крепи.

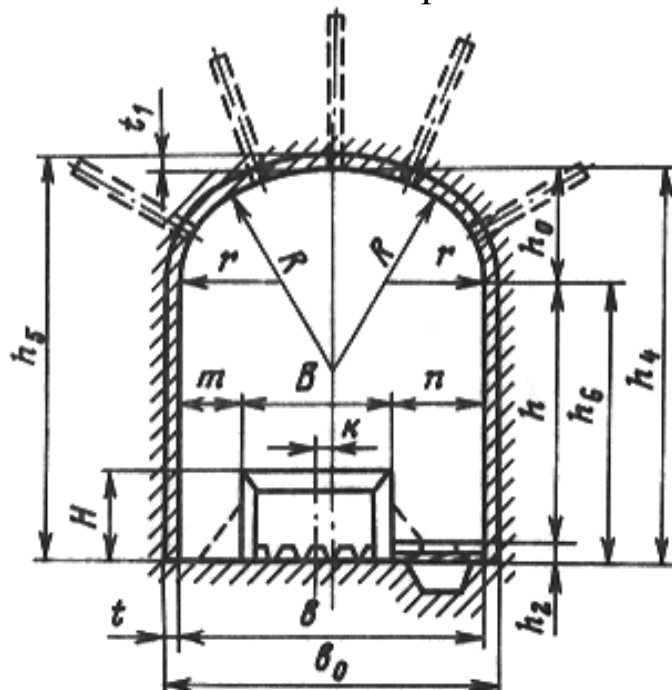


Рис. 1.5. Типовое сечение выработки прямоугольно-сводчатой формы со скреперной или конвейерной доставкой породы

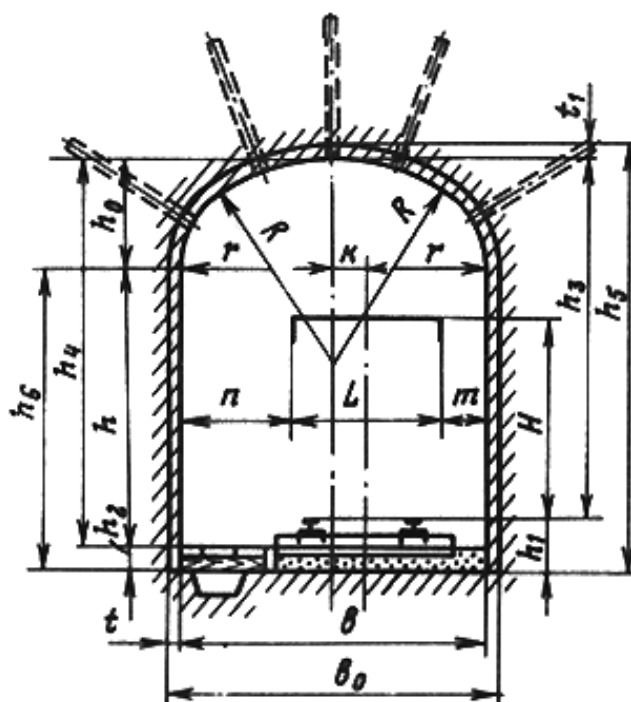


Рис. 1.6. Типовое сечение однопутной выработки прямоугольно-сводчатой формы с локомотивной откаткой породы

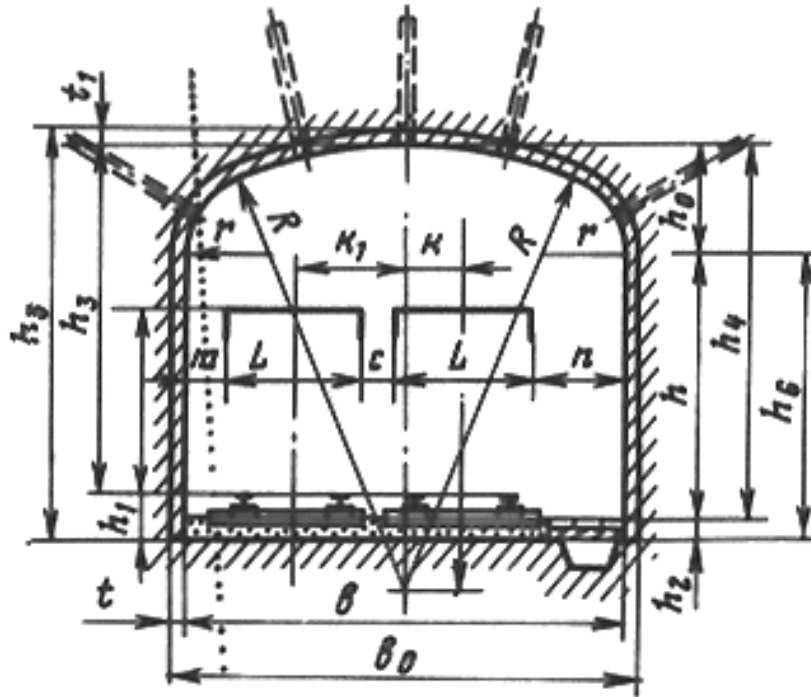


Рис. 1.7. Типовое сечение двухпутной выработки прямоугольно-сводчатой формы с локомотивной откаткой породы

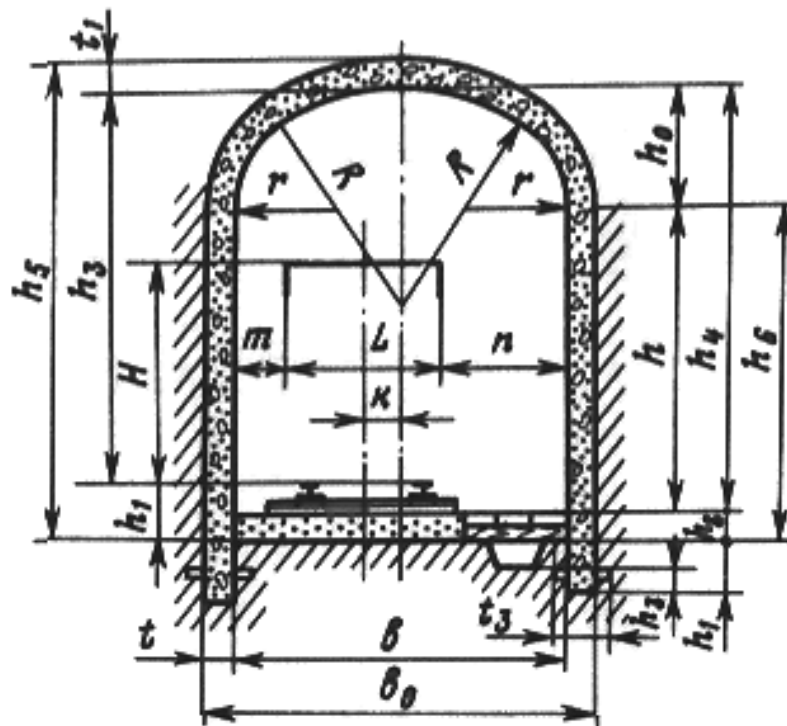


Рис 1.8. Типовое сечение однопутной выработки с монолитной бетонной крепью и локомотивной откаткой породы

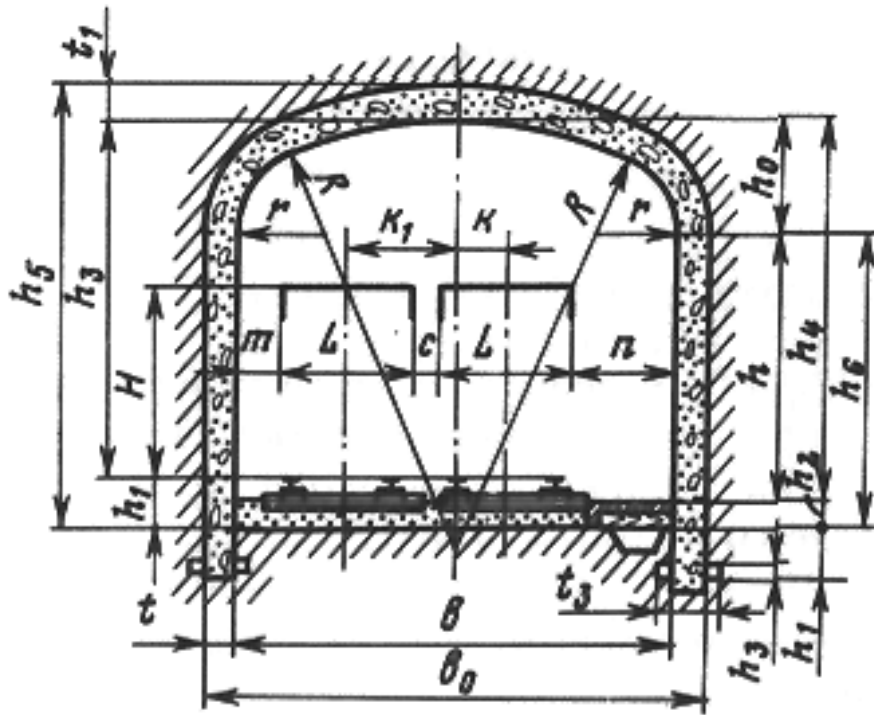


Рис. 1.9. Типовое сечение двухпутной выработки с монолитной бетонной крепью и локомотивной откаткой породы

Параметры  $H$ ,  $B$ ,  $h$ ,  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$ ,  $n$ ,  $m$ ,  $c$  (аналогичные выработкам трапециевидной формы), а также толщина крепи стенки выработки  $t$  и толщина крепи свода выработки  $t_1$  выбираются по каталогам оборудования и в соответствии с правилами безопасности и технической эксплуатации горно-шахтного оборудования.

Высота выработки в свету:

при скреперной погрузке породы  $h_4 = h + h_0$ ;

при конвейерной доставке породы  $h_4 = h_2 + h_0$ ;

при рельсовом пути без балластного слоя  $h_4 = h + h_2 + h_0$ ;

при рельсовом пути с балластным слоем  $h_4 = h + h_0$ .

Высота выработки в черне  $h_5 = h + h_2 + h_0 + t_1$ .

Ширина выработки в свету:

однопутной  $b = B + m + n$ ;

двухпутной  $b = 2B + m + n + c$ .

Ширина выработки в черне  $b_0 = b + 2t$ .

Площадь сечения выработки в свету  $S = b(h + 0,2b)$ .

Площадь сечения выработки в черне:

для анкерной крепи  $S_1 = b(h_6 + 0,175b)$ ;

для бетонной крепи  $S_1 = S + S_2$ ,

где  $S_2$  – площадь поперечного сечения бетонной крепи.



Таблица 1.2

## Размеры сечений выработок прямоугольно-сводчатой формы

Обозначение сечения	Размеры сечения, мм					Площадь сечения, мм <sup>2</sup>
	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>h</i> <sub>0</sub>	<i>R</i>	<i>r</i>	
ПС-2,0	1110	1480	370	770	290	2,0
ПС-2,7	1550	1320	520	1070	410	2,7
ПС-3,5	1570	1800	520	1090	410	3,5
ПС-4,2	1850	1800	620	1280	490	4,2
ПС-5,4	2070	2050	690	1430	540	5,4
ПС-8,2	3400	1800	850	3080	590	8,2
ПС-8,8	3600	1800	900	3260	620	8,8

По ГОСТ 22940–85 для горизонтальных горноразведочных выработок установлены, как было отмечено выше, две формы поперечных сечений: трапециевидная (Т) и прямоугольно-сводчатая с коробовым трехцентровым сводом (ПС). По этому стандарту определяют только площадь сечения выработки в свету. При разработке типовых сечений базировались на применяемых транспортных средствах: электровозы АК-2у и 4.5АРП-2М, вагонетка ВО-0,4 (УВО-0,5) при ручной откатке и гребковые скреперы СГ-0,10 и СГ-0,25. Во всех выработках, имеющих рельсовый путь, ширина колеи принималась 600 мм. В качестве примеров типовое сечение трапециевидной формы выработки показано на рис. 1.10, а типовое сечение выработки ПС-5,4 показано на рис. 1.11.

Погрузочная машина ППН-1с для уборки породы может быть использована в выработке, имеющей трапециевидную форму сечения площадью 4,4 м<sup>2</sup> (Т-4,4) и более. В выработках с Т-3,7 и ПС-3,5 балластный слой не сооружают, размер  $h_2 = h_3 = 1800$  мм принимают от почвы выработки. Типовое сечение выработки с ПС-5,4 показано на рис. 1.11.

Типовое сечение выработки устанавливают в такой последовательности: определяют назначение выработки; выбирают вид крепи и транспорта; определяют ширину выработки в свету; принимают остальные размеры по «Типовым сечениям горизонтальных горноразведочных выработок»; по толщине крепи и необходимым размерам в свету рассчитывают площадь сечения в черне.

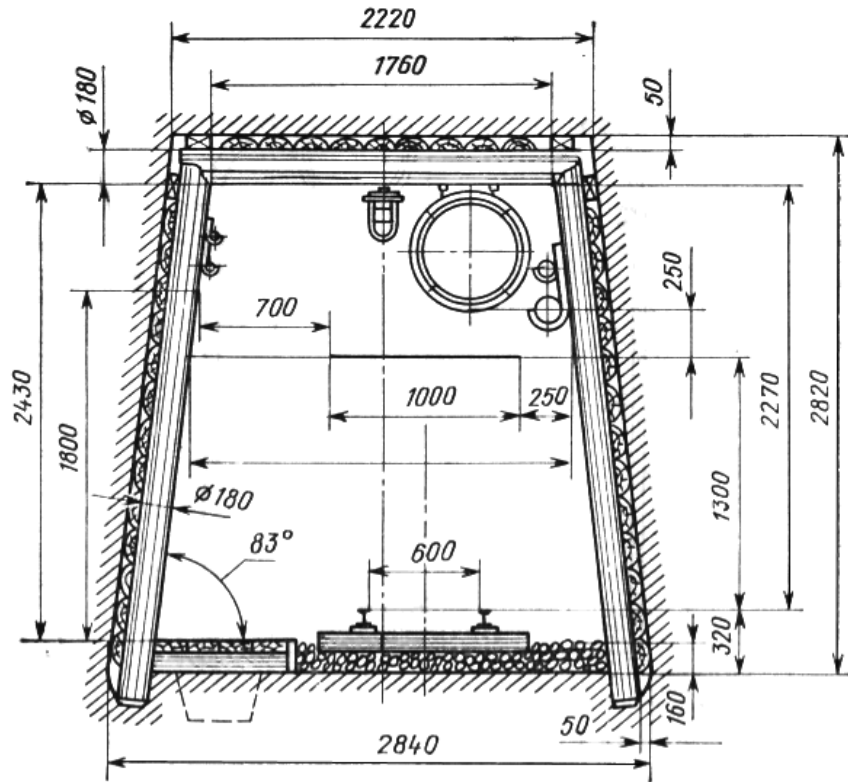


Рис. 1.10. Типовое сечение трапециевидной формы геологоразведочной выработки с деревянной крепью

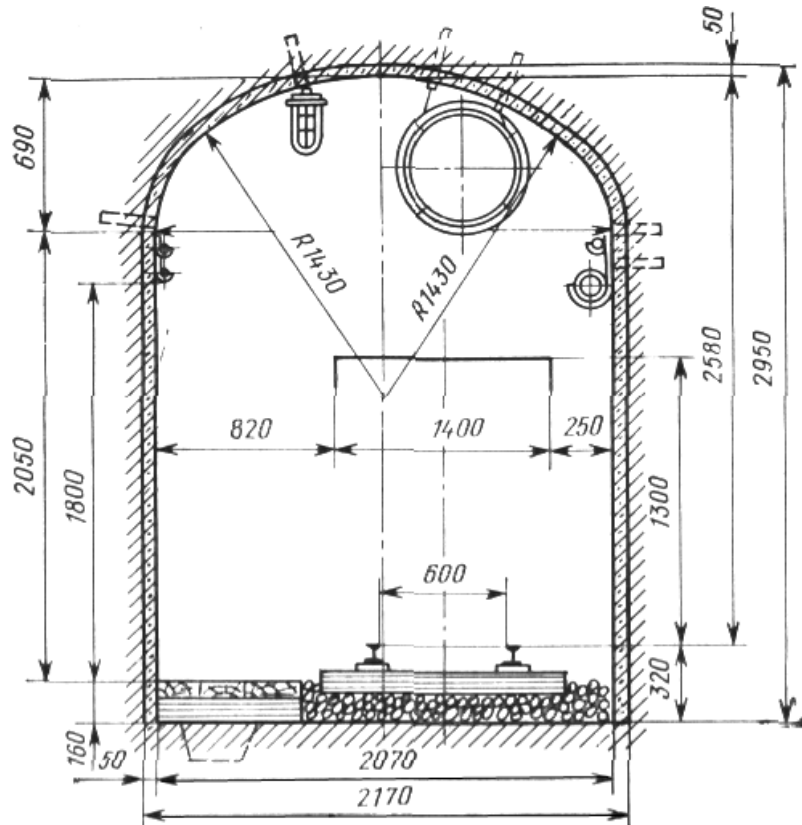


Рис. 1.11. Типовое сечение прямоугольно-сводчатой формы выработки с набрызгбетонной крепью

При разработке схем проведения выработок использовались методы математического моделирования процесса и ЭВМ. Изучены опыт работы передовых проходческих бригад, параметры и рабочие характеристики опытно-промышленных образцов оборудования. Авторами разработаны и предложены 12 комплектов оборудования, рекомендуемых для применения в различных горно-геологических условиях.

### 1.2.2. Технологическая схема проведения подэтажных выработок

Для проведения подэтажных выработок и рассечек (рис. 1.12) площадью сечения более  $5,2 \text{ м}^2$  по породам любой крепости используют стационарную скреперную установку [3].

Применение варианта с погрузо-доставочной машиной из-за больших габаритных размеров целесообразно при проведении выработок околоствольного двора, камерных выработок (насосная, зарядная и др.), а также коротких горизонтальных выработок.

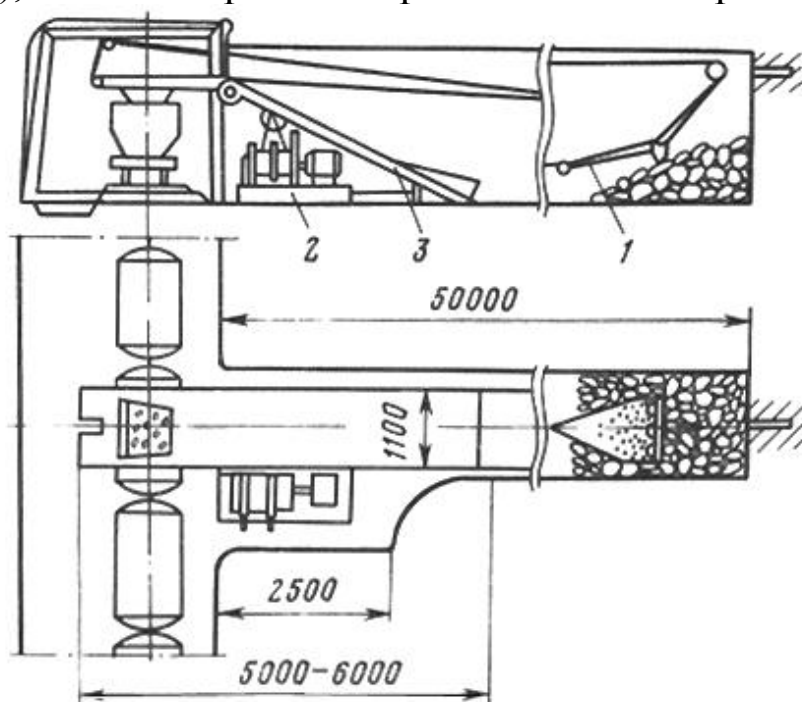


Рис. 1.12. Схема расположения оборудования при проведении подэтажных выработок и рассечек: 1 – скрепер СГ-0,25; 2 – лебедка; 3 – полук

Погрузо-доставочная машина ПДВ-2 предназначена для работы в горизонтальных и слабонаклонных выработках длиной не более 75 м, площадью поперечного сечения более  $4,5 \text{ м}^2$ .

### **1.2.3. Буровзрывной способ проведения горноразведочных выработок**

До недавнего времени широкое распространение при проведении горноразведочных выработок буровзрывным способом имели наклонные врубы, в основном клиновые. Эти врубы имеют ряд преимуществ: простота бурения; хорошая очистка врубовой полости от породы; возможность использования структуры породы (напластования, кливажа). Однако эти преимущества, высокие технико-экономические показатели обеспечиваются при глубине шпуров 1,5–1,7 м в породах не выше средней крепости. Прямые врубы, по сравнению с клиновыми, имеют неограниченную глубину шпуров, увеличенный объем врубовой полости в породах любой крепости. К недостаткам прямых врубов относятся, во-первых, требование к их параллельности относительно друг друга, а во-вторых, возможность запрессовки врубовой полости после взрыва разрушенной породой.

Наиболее распространенные конструкции прямых врубов показаны на рис. 1.13, 1.14.

Прямые врубы классифицируются по характеру формирования врубовой полости, типу вруба, конструкции зарядов во врубе, геометрической форме их построения в забое, используемым зарядам.

Схемы расположения шпуров в забое выработки выбирают с учетом применяемого бурильного оборудования, направления слоистости или трещиноватости массива [3, 4].

При использовании вертикально-клинового вруба забой выработки разделяют тремя вертикальными линиями на четыре равные по ширине части. Центральная линия служит осью вруба, по двум другим намечают устья и под углом  $65^\circ$  бурят врубовые шпуры. Расстояния между врубовыми шпурами по вертикали могут изменяться от 0,5 до 0,9 м. Чем крепче порода, тем меньше должно быть расстояние между шпурами.

Шпуры классифицируются на врубовые, вспомогательные, отбойные и оконтуривающие.

Вспомогательные и отбойные шпуры служат для последовательного расширения врубовой полости и их бурят параллельно оси выработки. Количество отбойных шпуров тем больше, чем больше сечение выработки. Оконтуривающие шпуры невозможно пробурить параллельно оси выработки из-за габаритных размеров бурильной головки и податчика машин.

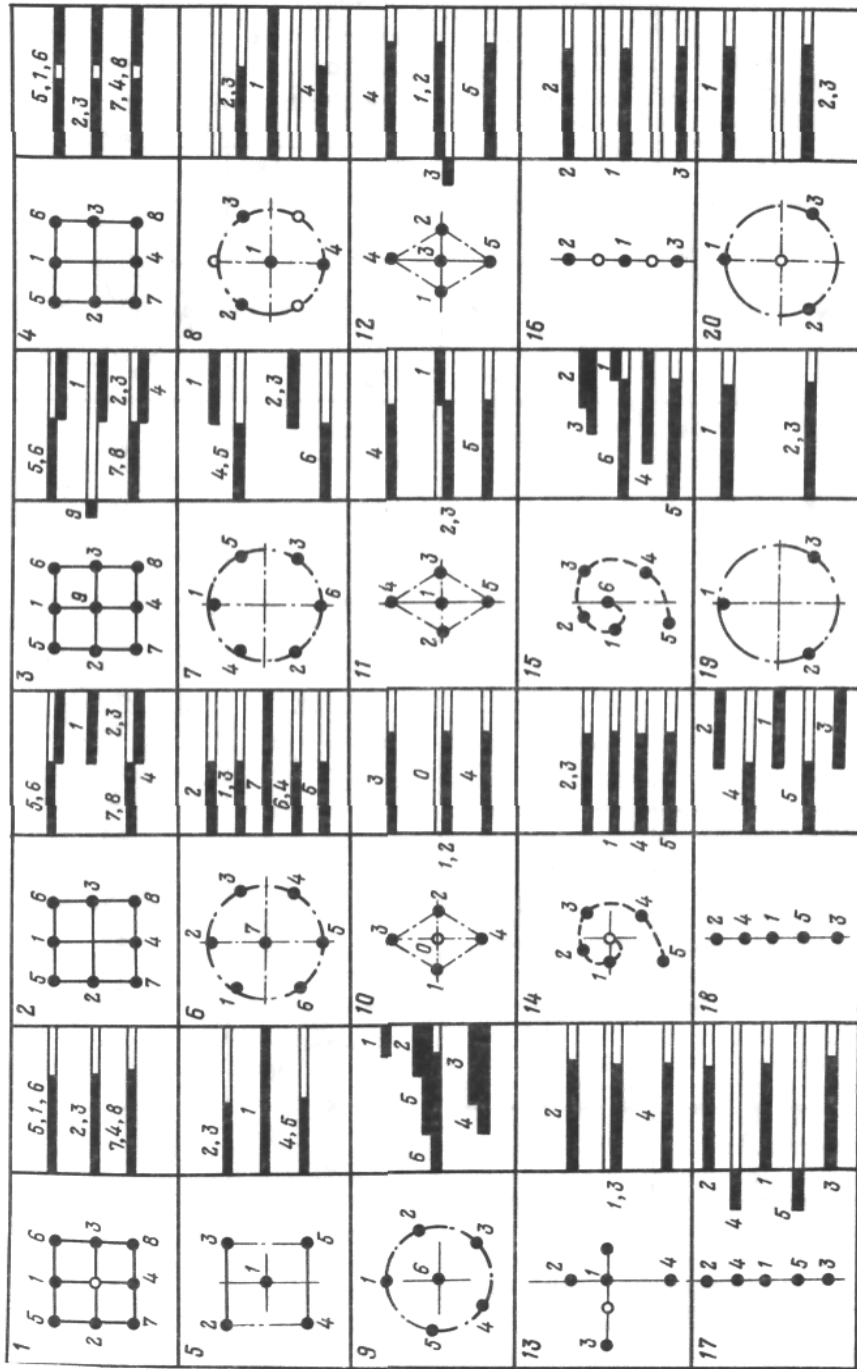


Рис. 1.13. Рекомендуемые конструкции прямых врубов для горноразведочных выработок: 1 – двойной призматический; 2 – ярусный призматический, 3 – ярусный призматический с зарядом выброса; 4 – секционный призматический; 5 – призматический с зарядом запрессовки; 6, 8 – цилиндрический с зарядом запрессовки; 7 – ярусный цилиндрический; 9 – ступенчатый цилиндрический; 10, 13 – призматический обычный; 11 – призматический с зарядом запрессовки; 12 – призматический с зарядом выброса; 14 – спиральный обычный; 15 – спиральный ступенчатый; 16 – щелевой обычный; 17 – щелевой с зарядами выброса; 18 – щелевой с зарядами запрессовки; 19 – цилиндрический воронкообразующий; 20 – цилиндрический дробящий

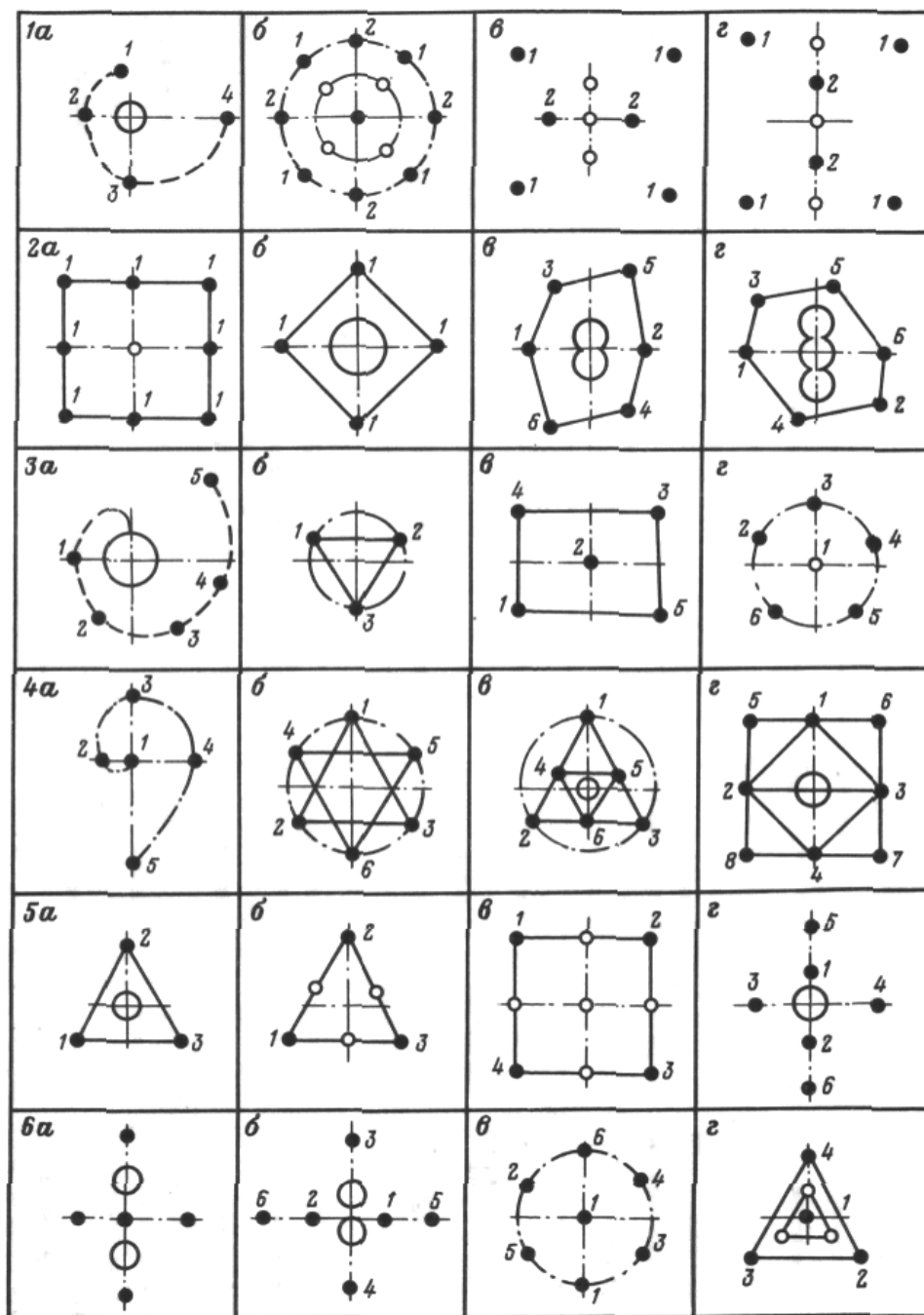


Рис. 1.14. Конструкции прямых врубов: дробящие со шпурами обычного диаметра – 1, б, в, г; 2, а; 3, г; 5, б, в; б, г; дробящие со скважинами – 1, а; 2, б, в, г; 3, а; 4, в, г; 5, а; б, а, б; воронкообразующие – 3, б, в; 4, а, б; б, в

Шпуры по этой причине забуриваются на расстоянии 0,1–0,2 м от проектного контура выработки, а их концы должны выходить за контур выработки.

Для повышения эффективности буровзрывных работ в конструкциях врубов широко используются так называемые компенсационные шпуры или скважины, которые не заряжаются ВВ и вы-

полняют роль дополнительной обнаженной поверхности. При взрыве шпуров вруба ударная волна перемещается в сторону стенки компенсационного шпура (скважины), что повышает КПД использования энергии взрыва.

Шпуры, взрывающиеся первыми, должны располагаться по возможности ближе к компенсационным шпурам, обеспечивая полное разрушение породной перемычки и выброс разрушенной породы из формируемой врубовой полости.

При проведении выработок в изотропных породах целесообразно расположение шпуров вруба параллельно осям выработки, в анизотропных монолитных, а также трещиноватых и слоистых породах вруб следует располагать так, чтобы направление отбойки зарядов шпуров, взрывающихся первыми на компенсационный шпур (скважину), было перпендикулярно к плоскостям трещиноватости или слоистости пород (рис. 1.15).

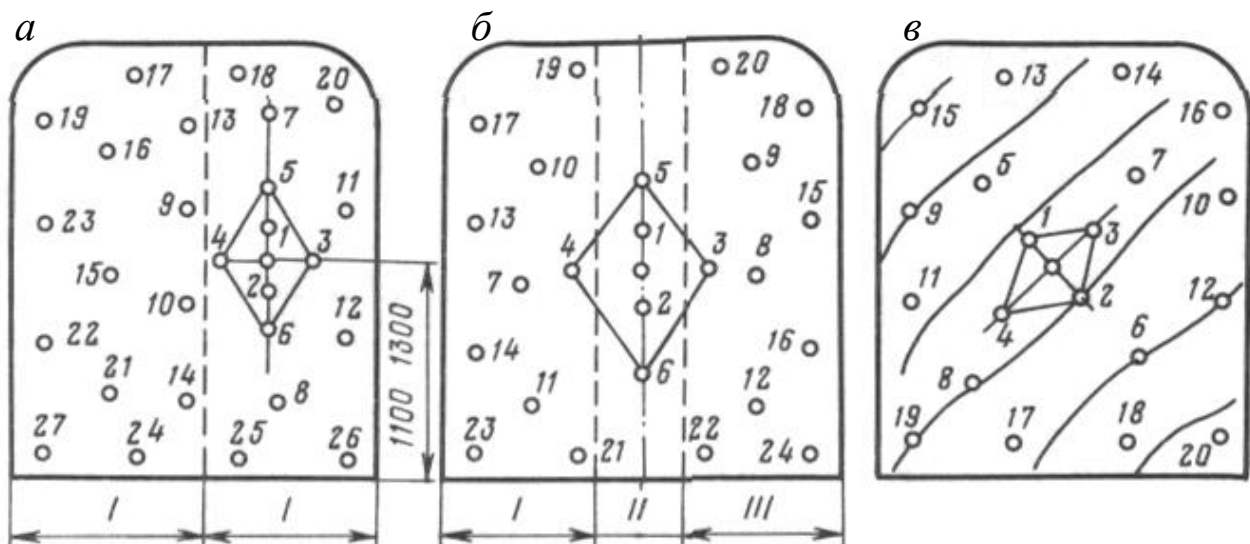


Рис. 1.15. Схемы расположения вруба: *а* – при бурении двумя установками УПБ-1; *б* – при бурении тремя установками УПБ-1 (СБКН-2М); *в* – в смятых и трещиноватых породах

Существенное влияние на показатели взрывной отбойки оказывает очередность взрывания зарядов, которая отмечена на рис. 1.15 и 1.16 порядковыми номерами.

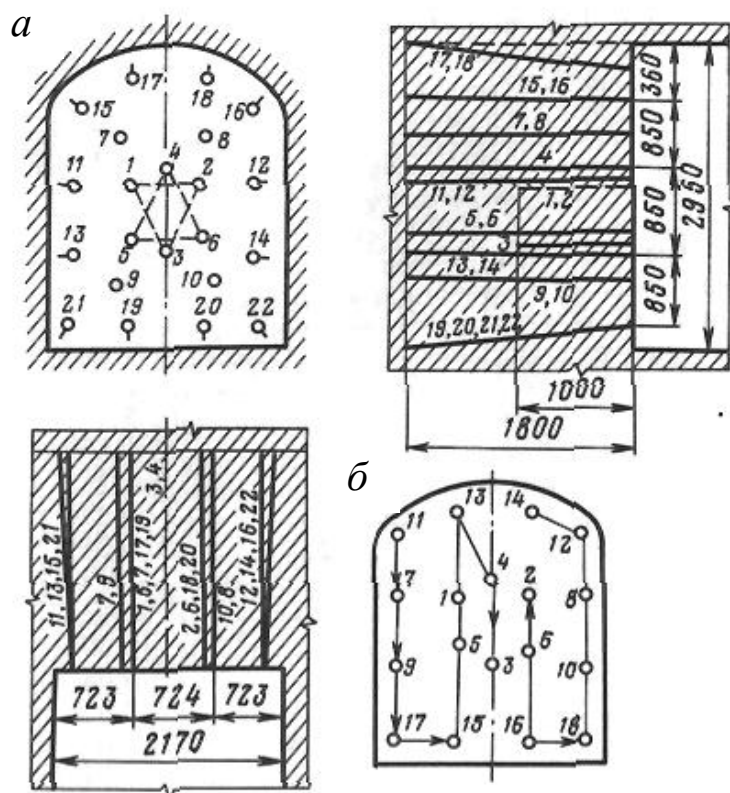


Рис. 1.16. Схема расположения шпуров в штреке (а) и порядок обустройства забоя (б)

Важным параметром при этом является коэффициент использования шпура КИШ. КИШ будет высоким (0,9–0,95), если линия наименьшего сопротивления  $W$  будет принята рациональной. Например, для рис. 1.15, а,  $W$  представляет собой расстояние между стенками шпуров 1 и 5, 2 и 6 и т. д.

#### 1.2.4. Крепь горизонтальных горноразведочных выработок

##### *Деревянная крепь*

Геологоразведочные выработки крепят деревом [3, 4]. Основная конструкция крепи – неполная крепежная рама (рис. 1.17, а).

В неустойчивых породах в кровле, почве и стенках выработок или в кровле и почве применяют полную крепежную раму (рис. 1.17, б).

При устойчивых породах в стенках выработки применяют потолочную (бесстычную) крепь в виде верхняков, укладываемых на крючья (рис. 1.17, в) или на лунки в стенках выработки (рис. 1.17, г).

Деревянная крепь целесообразна при сроке службы до 3 лет и умеренном горном давлении (до 70 МПа). Работы по возведению деревянной крепи в малой мере поддаются механизации и выпол-



няются преимущественно вручную. Поэтому при скоростном проведении выработок необходимо функции крепления поручать специальному звену крепильщиков.

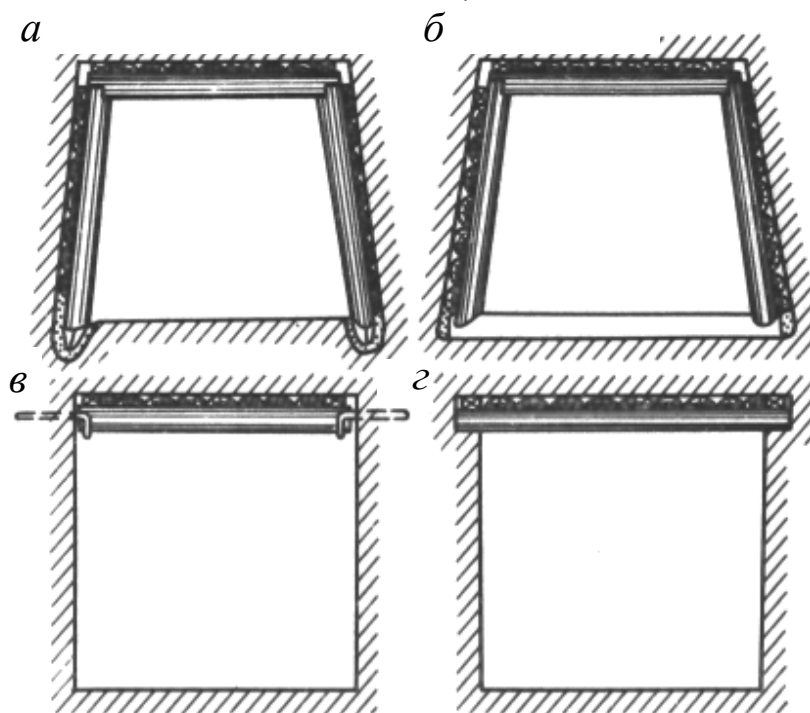


Рис. 1.17. Деревянная крепь: *а* – неполная крепежная рама; *б* – полная крепежная рама; *в* – потолочная крепь на крючьях; *г* – потолочная крепь (верхняки уложены в лунки)

При креплении деревом и давлении только со стороны кровли наиболее возможно использование потолочной крепи на крючьях. Однако из-за отсутствия бурильных установок для бурения шпуров под крючья эта разновидность крепи пока не нашла широкого применения.

#### *Металлическая крепь*

Металлическую крепь (рис. 1.18) в основном применяют для крепления капитальных и подготовительных выработок при сроке службы от 3 до 15 лет и более, проводимых по горным породам любой крепости и при любой форме поперечного сечения. Достоинства металлической крепи – прочность, долговечность, огнестойкость и возможность повторного использования. Крепь применяют в виде арок, колец, трапециевидных и бочкообразных рам, изготавливаемых из стальных прокатных профилей типа СВП, двутавров, железнодорожных рельсов.

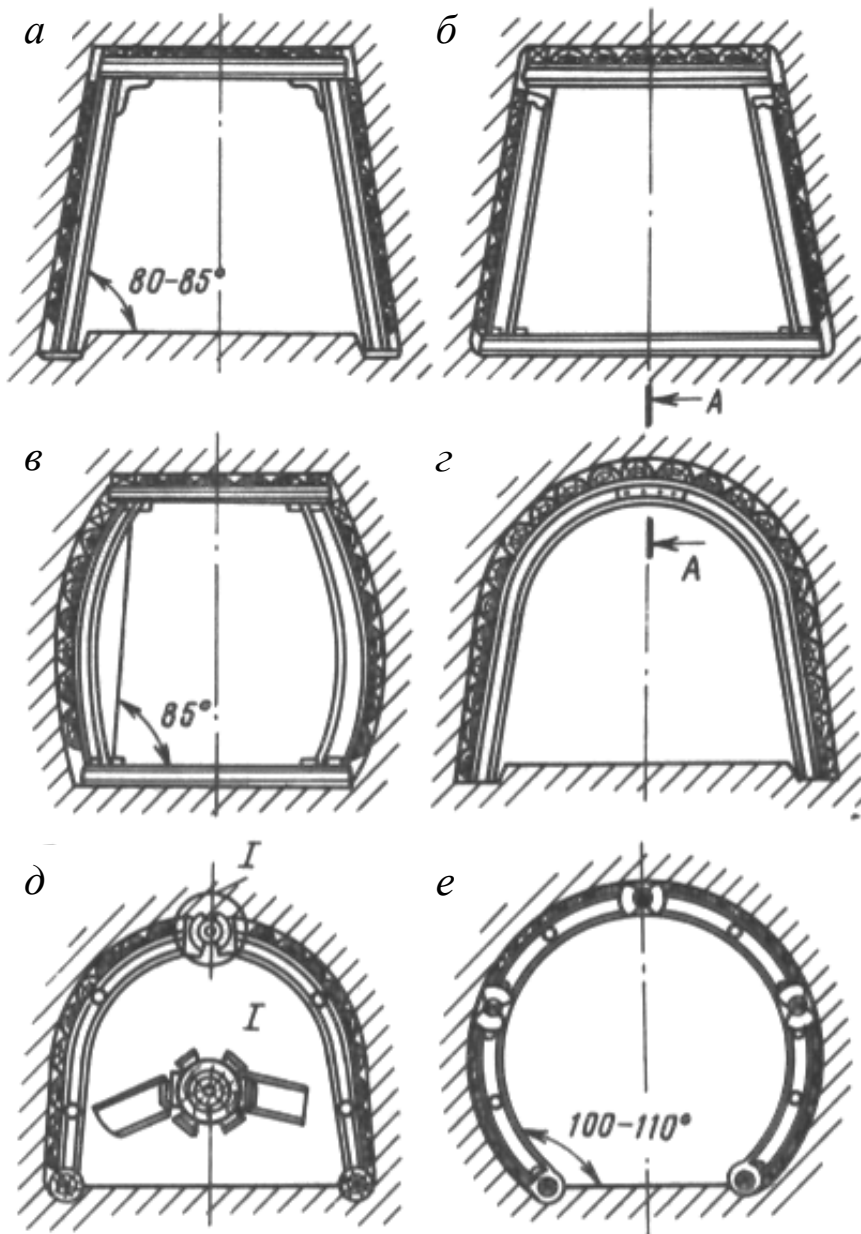


Рис. 1.18. Металлическая рамная и арочная крепь: *a* – трапециевидная неполная; *б* – трапециевидная полная; *в* – бочкообразной формы; *г* – арочная жесткая; *д*, *е* – арочная шарнирно-податливая

Трапециевидные крепежные рамы относят к жесткой крепи. Элементы крепи изготовляют из двутавровых, швеллерных балок, железнодорожных и рудничных рельсов, а также из труб. В мягких породах стойки опирают на лежень.

При высоком давлении со стороны кровли арочная крепь выполняется в виде жестких или шарнирных конструкций. Наиболее распространена арочная податливая крепь из спецпрофиля СВП (рис. 1.19).

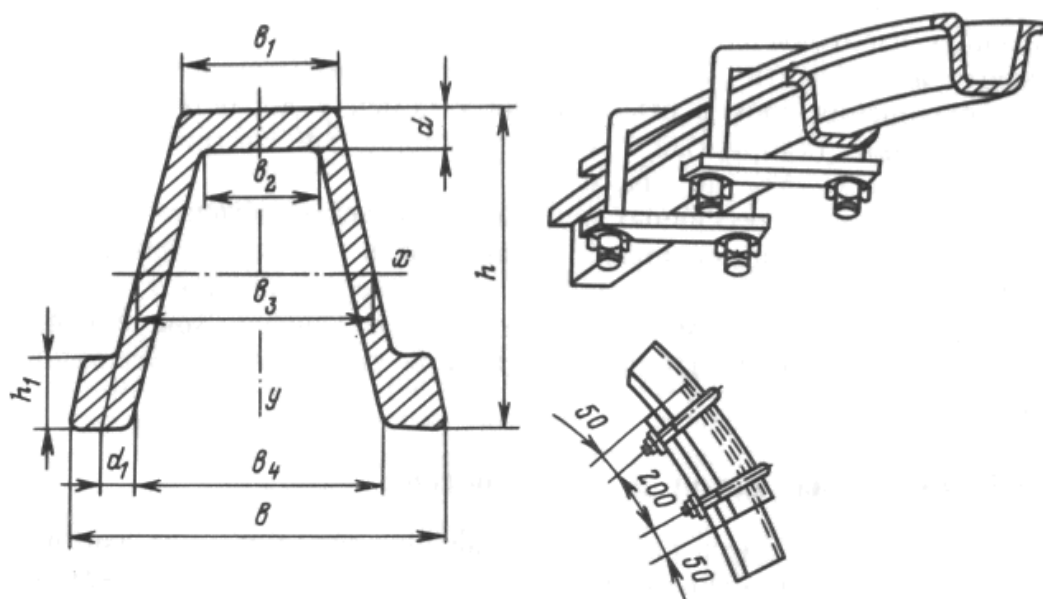


Рис. 1.19. Размеры спецпрофиля СП

*Анкерная крепь*

Анкерная крепь представляет собой систему закрепленных в шпурах анкеров, расположенных по определенной сетке (рис. 1.20). Замок анкера прочно закрепляется в породах, окружающих выработку. Благодаря поддерживающим элементам (подхватом, опорным плиткам) породы кровли (стенок, почвы) как бы сшиваются, и происходит упрочнение массива пород, повышение устойчивости его обнажений. В настоящее время применяют металлические, железобетонные, деревянные и сталеполимерные анкеры.

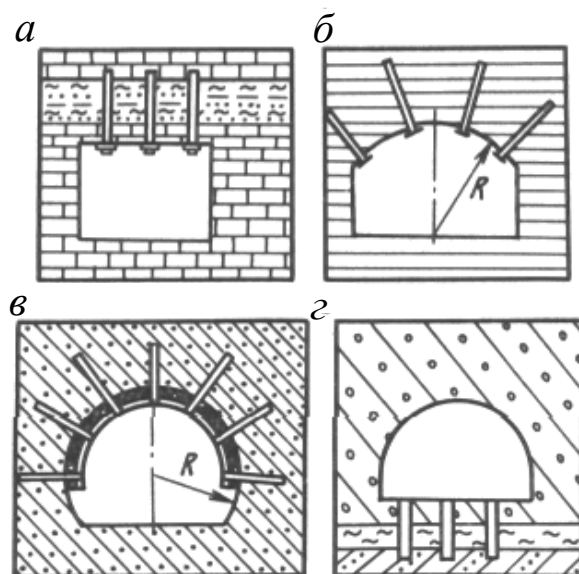


Рис. 1.20. Схемы крепления выработок штангами: а, б – с опорными плитками; в – с арочными стальными подокнами; г – крепление со стороны почвы

Металлические анкеры состоят из круглого стержня, на одном конце которого (контурном) имеются резьба и гайка (или болтовая головка), а на другом замок, с помощью которого штангу закрепляют в скважине. Конструкций замков известно много. Их изготавливают из металла и разделяют на клинощелевые, распорные, взрыво-распорные и винтовые.

Штангу с клинощелевым замком (клинощелевой анкер) изготавливают из круглой стали диаметром 22–25 мм. В замковой части стержня по диаметру образуют щель шириной 2–3 мм и длиной 150–200 мм, в которую при установке штанги вводят клин длиной 120–180 мм и толщиной 25–35 мм.

При ударах по концу штанги, выступающей в выработку, штангу надвигают на клин, усы внедряются в породу стенок скважины и закрепляются в ней. Диаметр шпура рекомендуется принимать не более чем на 12–15 мм больше диаметра штанги в замковой части. После закрепления штанги на ее конец, выступающий в выработку, надевают опорную плитку или подхват и шайбу, а затем завинчивают гайку.

В породах средней крепости ( $f = 4 \div 8$ ) несущая способность замка при глубине внедрения усов в породу 3–5 мм достигает 100–120 кН. В слабых породах ( $f < 4$ ) клинощелевые штанги применять не следует вследствие низкой в этом случае несущей способности замка. В крепких породах ( $f > 12$ ) трудно обеспечить надлежащее расклинивание замка, поэтому клинощелевые штанги в таких породах применяют редко. Достоинства клинощелевых штанг: достаточно высокая несущая способность в породах с  $f = 4 \div 12$ , простота конструкции и установки, относительно небольшая стоимость.

Анкеры с распорным замком (рис. 1.21) выполняют из круглой стали диаметром 16–22 мм с конусной или клиновидной головкой и называют распорно-конусными и распорно-клиновыми. Замок в шпуре закрепляют с помощью гильзы или клиновидных сегментов, которые распираются головкой анкера при ее натяжении. Головки выполняют съемными – на резьбе (сборный анкер) или из стержня (цельный анкер). Наружный диаметр гильзы или распорных сегментов при диаметре шпура 42–44 мм принимают равным 38–40 мм, а высоту 80–140 мм, вследствие чего достигается значительно большая площадь контакта замка с породой, чем в клинощелевых анкерах. Они обладают большей несущей способностью. Большинство

конструкций распорных замков допускает извлечение штанг для повторного использования.

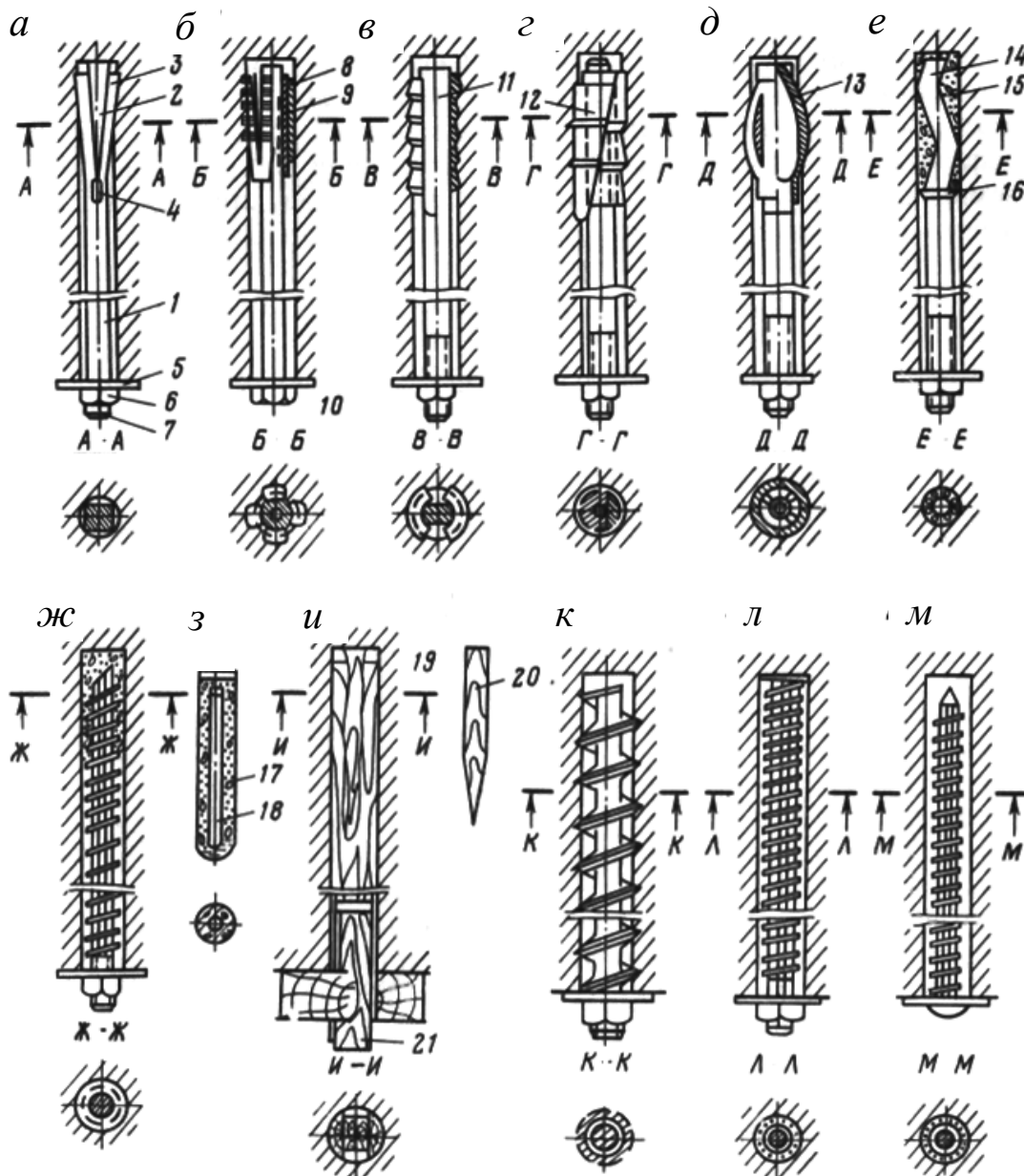


Рис. 1.21. Конструкции анкеров: *а* – клинощелевой; *б, в, г* – распорные; *д* – взрывораспорный; *е, ж* – армобетонные замковые; *з* – ампула; *и* – деревянный клинощелевой; *к* – винтовой; *л, м* – сплошные армобетонные; *1* – стержень; *2* – клин; *3* – усы; *4* – щель; *5* – опорная плитка; *6* – гайка; *7* – контурный конец; *8* – конусная гайка; *9* – гильза; *10* – болтовая головка; *11* – клиновидная головка; *12* – клиновидный сегмент; *13* – трубчатая головка после взрыва; *14* – волнообразный глубинный конец; *15* – бетонная или полимербетонная пробка; *16* – уплотнительное кольцо; *17, 18* – секции со смолой и отвердителем; *19, 20* – глубинные клинья; *21* – контурный клин

Анкер с взрывораспорным замком конструкции ЛГИ состоит из круглого стержня диаметром 20–25 мм и пустотелой цилиндрической головки диаметром 38–40 мм, соединенной со стержнем с помощью резьбы. Замок в скважине закрепляется в результате раздутия головки при взрыве небольшого заряда (20–40 г) низкобризантного ВВ, помещенного в нее. Такие замки особенно хорошо закрепляются в мягких глинистых породах, в которых другие конструкции анкеров имеют низкую несущую способность, хорошо закрепляются они и в крепких породах. При установке анкеров в слабых породах, в частности для борьбы с пучением, целесообразно применять распорные трубчатые анкеры, раздутие которых выполняется по всей длине. После раздутия внутрь трубы может быть введен цементно-песчаный раствор для повышения долговечности и надежности.

Имеются и другие конструкции металлических анкеров. Главной особенностью металлических анкеров является их способность воспринимать расчетную нагрузку сразу после установки.

Железобетонный анкер представляет собой арматурный стержень, закрепленный в шпуре бетоном только в замковой части или по всей длине.

Первый вид анкера называют замковым, второй – сплошным. Конец арматуры обычно выступает в выработку и служит для закрепления на нем опорной плитки или подхвата. Диаметр шпура принимают равным 36–42 мм. В качестве стержней используют арматуру периодического профиля или гладкую арматуру диаметром 16–22 мм.

Достоинства железобетонных анкеров – прочный контакт с породой по всей длине штанги, хорошее сопротивление сдвигу, расслоению, выветриванию пород в стенках шпура, долговечность. Недостатки – невозможность восприятия нагрузки сразу после установки, трудоемкость контроля качественного заполнения шпура бетоном, значительные подготовительные работы по изготовлению бетона.

Сталеполимерный анкер подобно железобетонному может быть замковым или сплошным. Стальной арматурный стержень закрепляют в шпуре быстротвердеющим полимербетоном, состоящим из синтетической смолы, отвердителя мелкого заполнителя (песок, гранулированный шлак), а при необходимости – катализатора твер-

дения, пластификатора и других добавок. Твердение полимербетона должно наступать через 2–5 мин после перемешивания его компонентов.

Для их подачи в скважину применяют стеклянные, полиэтиленовые или комбинированные ампулы длиной 0,3–0,5 м с двумя-тремя отделениями для отдельного размещения в них смолы и отвердителя, а иногда и катализатора. Заполнитель вводят в смолу, отвердитель или в оба компонента.

Обычно применяют полимербетоны на основе эпоксидных и полиэфирных смол.

Деревянный анкер представляет собой круглый стержень диаметром 40–60 мм, на обоих концах которого устраивают замки клино-щелевого типа. Щель на конце, вставляемом в шпур, длиной 400–450 мм, на противоположном 200–250 мм, стержни изготавливают из высококачественных сосны, лиственницы, дуба и т. п. Клинья выполняют из прочных, твердых пород леса (дуба, березы), прессованной древесины. Достоинства у них такие же, как у металлических анкеров. Недостатки – небольшая прочность, подверженность гниению.

### **1.2.5. Технология проходки восстающих**

Технология проходки вертикальных и крутонаклонных восстающих с углом более  $60^\circ$  отличается от технологии проведения слабонаклонных восстающих с углом менее  $60^\circ$ . В геологоразведочной практике находят применение следующие способы проходки восстающих: с устройством рабочего и предохранительного полков, с помощью проходческого комплекса, буровзрывным способом с использованием скважинных зарядов, бурением на полное сечение.

Первый способ применяется в относительно устойчивых породах при длине восстающего не более 20–25 м, отличается высокой трудоемкостью и применяется практически в любых условиях при незначительных объемах проходки [5]. Во втором случае проходить восстающие с помощью комплексов типа КПВ можно в устойчивых породах. При неустойчивых породах восстающий необходимо крепить сплошной венцовой или анкерной крепью с металлической сеткой и набрызг-бетоном. Проходка восстающих с помощью комплекса КПВ по сравнению с первым способом имеет следующие преимущества: скорость проходки в 3–4 раза и производительность труда в 1,5–1,8 раза выше; себестоимость на 30–40 % ниже; выше

безопасность труда проходчиков; в несколько раз ниже трудоемкость работ. Стоимость проходки восстающих с помощью взрывных скважин на 30–50 % меньше.

#### *Проходка восстающих первым способом*

Проведение восстающего начинают с сооружения камеры в боку или кровле горизонтальной выработки, в которой после выемки породы устанавливают раму-основание венцовой крепи и люка. В неустойчивых породах бока камеры затягивают досками. Первые 5–7 м выработки проходят с временных полков без разделения восстающего на отделения. Далее восстающий разделяют досками толщиной 40 мм на отделения и пробивают распорки, а при неустойчивых породах применяют сплошную венцовую крепь. Иногда проходка восстающего предусматривает бурение передовой скважины.

На рис. 1.22 показано оборудование восстающего, проходимого в устойчивых породах с применением распорной крепи. Проходчики поднимаются в забой по ходовому отделению до отбойного полка и через боковую откидную ляду выходят в призабойную зону, осматривают и обирают забой от отслоившихся кусков породы, сбрасывают оставшуюся породу с распорок и отбойного полка. Затем приступают к подъему лесоматериалов для распорной крепи и досок для отшивки ходового отделения от грузового. В забое сооружают два полка: рабочий (на расстоянии 1,8–2 м от забоя) и предохранительный (на 1 м ниже рабочего).

Порядок работ выглядит следующим образом. После сооружения полков в забой поднимают телескопные перфораторы и бурят двумя перфораторами шпуров клинового или прямого врубов. Глубину шпуров выбирают в зависимости от крепости пород, их трещиноватости и устойчивости в пределах от 1,5 до 2,5 м. С повышением глубины шпуров повышается производительность проходчиков. После взрывных работ и проветривания забоя проходчики поднимаются в забой по ходовому отделению до отбойного полка и через боковую откидную ляду выходят в призабойную зону, осматривают и обирают забой от отслоившихся кусков породы, сбрасывают оставшуюся породу с распорок и отбойного полка. Затем производится подъем лесоматериалов для распорной крепи и для отшивки ходового отделения от грузового. Породу из грузового отделения восстающего выгружают в вагонетки.



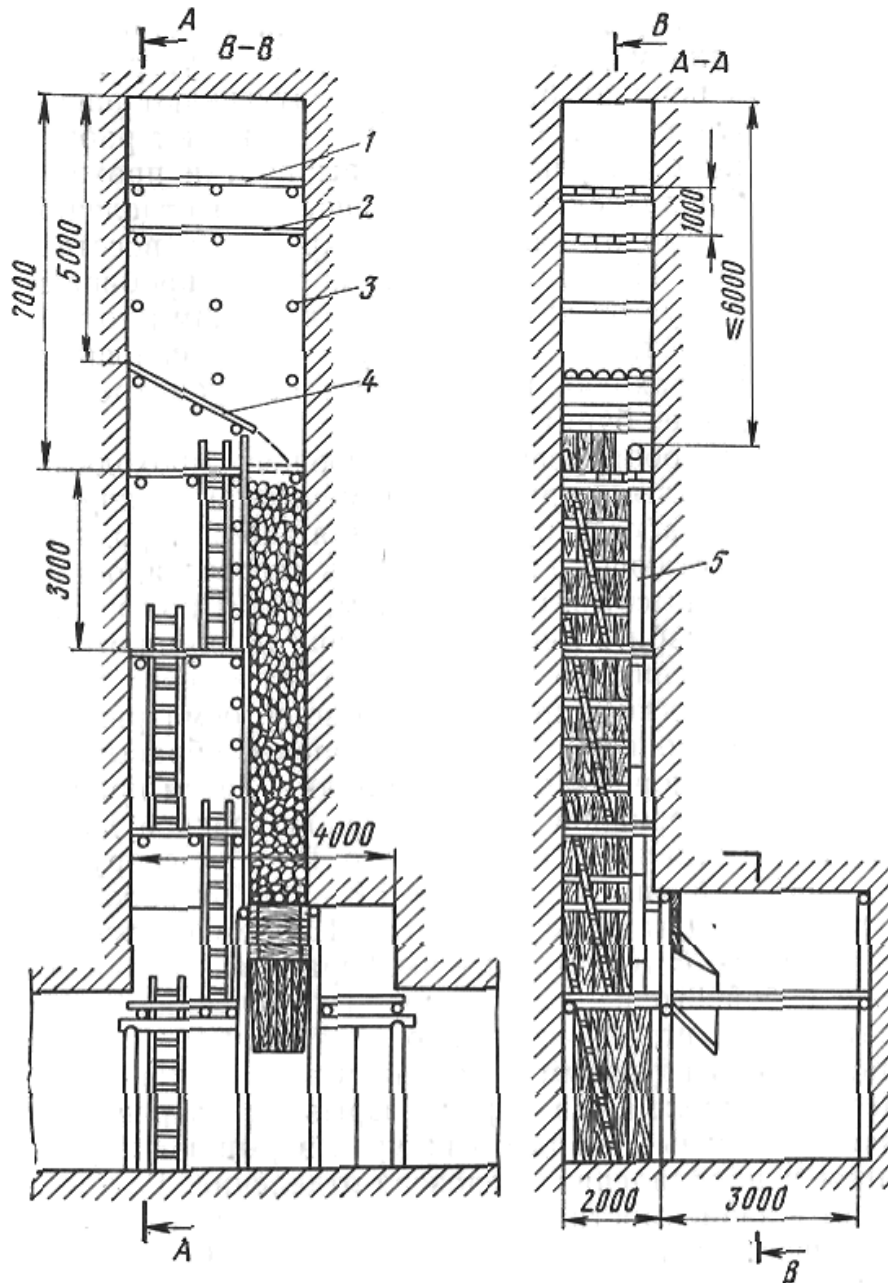


Рис. 1.22. Оборудование восстающего в крепких породах при проходке с сооружением полков: 1 – рабочий полк; 2 – предохранительный полк; 3 – распорка; 4 – отбойный полк; 5 – вентиляционная труба

При сплошной венцовой крепи используется круглый лесоматериал диаметром не менее 15 см, а при распорной крепи – диаметром 16 см. При проходке восстающего обычным способом и отсутствии разрезной скважины выполняется не более одного-двух циклов в сутки. Одна бригада проходит обычно две-три выработки, в том числе один восстающий.

*Проходка восстающего с применением комплекса типа КПВ*  
 Данным комплексом проходят крутонаклонные восстающие под углом более  $60^\circ$ . Комплекс типа КПВ (рис. 1.23) состоит из самоходной кабины с рабочим полком 1, которые при помощи пневмодвигателя 2, редуктора 3 и шестеренчатого зацепления перемещаются по реечному монорельсу 4.

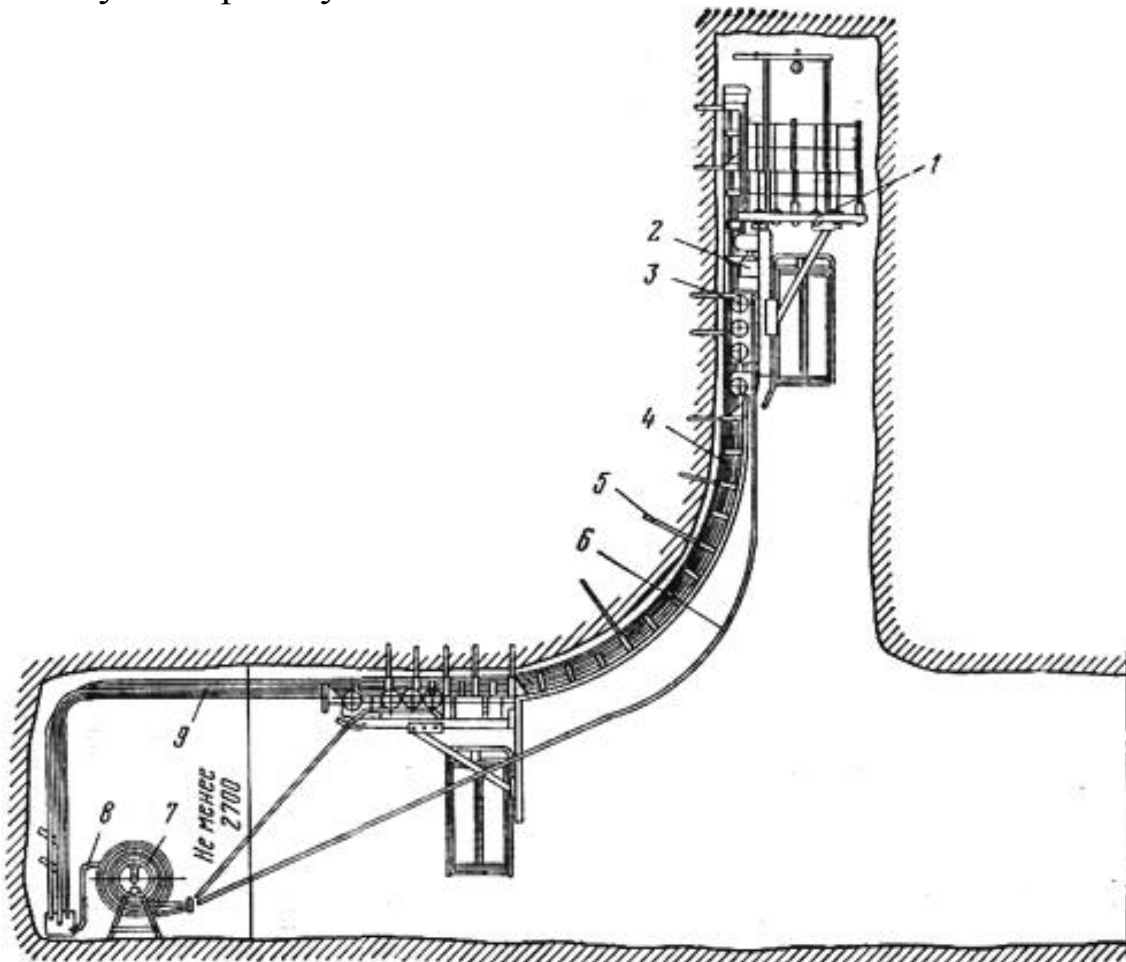


Рис. 1.23. Комплекс типа КПВ для проходки восстающих

Монорельс собирается из отдельных секций длиной 0,75 и 1,5 м со встроенными трубами для подвода сжатого воздуха и воды и крепится по стенке восстающего с помощью цанговых штанг 5 длиной 1,2–1,5 м, которые закрепляются в шпурах.

Сжатый воздух к пневмодвигателю подают по шлангу 6, который при подъеме и спуске полка наматывается автоматически на лебедку 7. Подачу воды и сжатого воздуха для работы перфораторов производят по трубам 8 и 9.

При проведении восстающего с помощью КПВ предварительно требуется проходка специальной камеры длиной не менее 6 м для монтажа монорельса и установки оборудования.

### 1.3. Технология проведения открытых горноразведочных выработок

#### 1.3.1. Типовые сечения стволов разведочных шахт

Шахтный ствол является основным сооружением в общем комплексе подземных выработок. Срок службы ствола должен быть рассчитан на время ведения геологоразведочных работ. Стволы имеют круглую или прямоугольную форму поперечных сечений.

Типовое сечение ствола круглой формы показано на рис. 1.24, а прямоугольной формы – на рис. 1.25 [6].

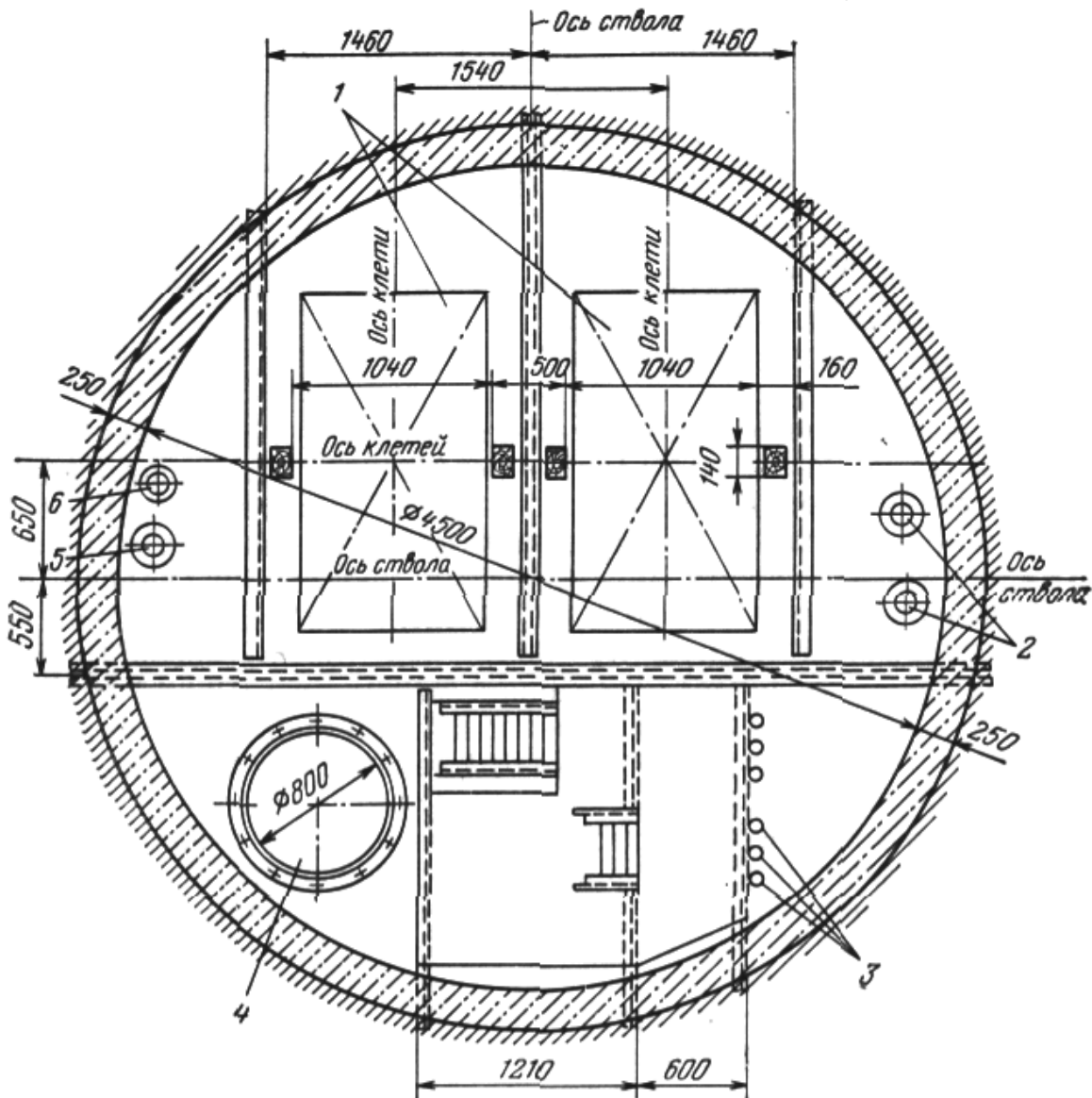


Рис. 1.24. Типовое круглое сечение ствола разведочной шахты диаметром 4,5 м: 1 – шахтные клетки; 2 – трубы для водоотлива; 3 – электрические кабели; 4 – вентиляционный трубопровод; 5 – труба для подачи сжатого воздуха; 6 – трубопровод водоснабжения

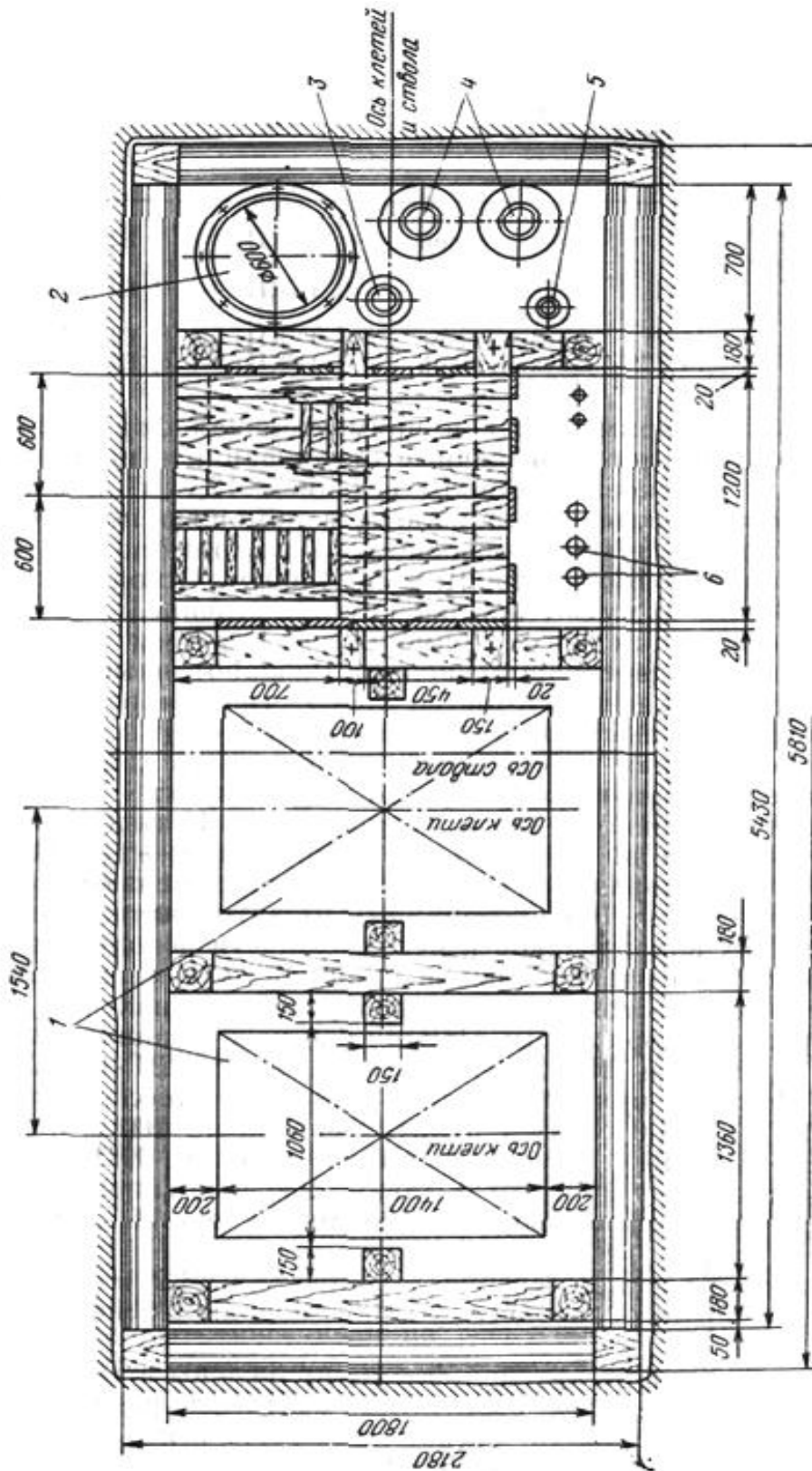


Рис. 1.25. Типовое прямоугольное сечение ствола разведочной шахты площадью  $14,2 \text{ м}^2$ : 1 – шахтные клетки; 2 – вентиляционный трубопровод; 3 – трубопровод для подачи сжатого воздуха; 4 – трубы для водоотлива; 5 – трубопровод водоснабжения; 6 – электрические кабели

Геологоразведочные организации проходят в основном стволы сечением  $12,7 \text{ м}^2$  и более, в связи с тем что разведочные работы с помощью подземных горных выработок ведутся на глубину до 300 мм. Стволы протяженностью более 100–150 м имеют, как правило, круглое сечение. Крепятся стволы разведочных шахт прямоугольной формы сплошной венцовой деревянной крепью. Гипрогео-лстроено разработаны типажии вертикальных стволон разведочных шахт прямоугольной формы с клетевым подъемом.

В практике горноразведочных работ стволы шахт I типоразмера проходят глубиной до 100 м, II типоразмера сооружают глубиной до 200 м и IV типоразмера – до 300 м.

Выпускаемые в настоящее время неопрокидные шахтные клетки имеют размеры несколько меньшие, чем существующее оборудование, поэтому при определении размеров ствола в свету для клетки 1НВ-200-4,0 следует делать припуск на 100 мм. Для вагонеток ВГ-1,3 и ВГ-1,4 следует применять клеть 1НВ255-3,2, которая имеет ширину 1020 мм и длину 2250 мм.

В последнее время при сооружении стволон разведочных шахт проходят также стволы диаметром в свету 5 и 5,5 м, которые оборудуются клетями ШВ255-3,2. Для выбора типового ствола необходимо ориентироваться на производственную мощность геологоразведочного предприятия, максимальный годовой объем проходки горноразведочных выработок.

### **1.3.2. Технологические схемы проходки геологоразведочных стволов**

Процесс проходки ствола включает три основных операции: выемку породы, возведение постоянной крепи и устройство армировки. При проходке геологоразведочных стволон получили распространение два способа выемки породы: буровзрывной и механический. В зависимости от последовательности операций различают следующие технологические схемы проходки стволон: последовательную, совмещенную, параллельную и параллельно-щитовую (рис. 1.26). Так как стволы разведочных шахт не превышают глубины 400–500 м, то наибольшее распространение получили последовательная (до 100 м) и совмещенная схемы проходки [6].

На рис. 1.26. представлены схемы проходки вертикальных стволон: *а* – последовательная; *б* – совмещенная с бетонной крепью;

*в* – совмещенная с тубинговой крепью; *г* – параллельная; *д* – параллельно-щитовая; *1* – временная крепь; *2* – двухэтажный проходческий полк; *3* – опорный венец; *4* – створчатая опалубка; *5* – труба для спуска бетона; *6* – тубинги; *7* – щитовая оболочка.

Последовательная схема проведения стволов (рис. 1.26, *а*) целесообразна для неглубоких стволов с деревянной венцовой крепью и заключается в последовательном выполнении работ по выемке породы и возведению постоянной крепи. Длина участка до установки опорного венца колеблется от 2 до 10 м, чаще всего до 3–4 м. Сплошную венцовую крепь монтируют от опорного венца снизу вверх. Выемку породы ведут на глубину, равную толщине одного венца. Элементы венца расклинивают, забивают скобы и сшивают металлическими планками толщиной 10 мм, длиной 1–1,5 м со штырями через каждые 20 см.

Основной недостаток последовательной схемы с деревянной крепью является сложность механизации ее возведения.

Совмещенная схема проходки стволов (рис. 1.26, *б*; 1.26, *в*) получила распространение при сооружении геологоразведочных стволов диаметром 4 м и более. Особенностью этой схемы является то, что работы по выемке породы и возведению постоянной крепи производят непосредственно в призабойной зоне вслед за подвиганием забоя без применения временной крепи. Применение этой схемы проходки позволяет использовать комплексную механизацию, добиться высокой экономической эффективности и безопасности работ, применить постоянную монолитную бетонную крепь, которая возводится с помощью передвижной опалубки. Основным недостатком последовательной схемы с деревянной крепью является сложность механизации ее возведения.

Параллельная технологическая схема (рис. 1.26, *г*) характеризуется тем, что возведение постоянной крепи и выемку породы ведут одновременно. В нижнем звене ведут выемку породы и возводят временную крепь под защитой натяжного предохранительного полка, а в верхнем звене демонтируют временную крепь и возводят постоянную монолитную бетонную или тубинговую крепь. Параллельную схему применяют на стволах диаметром более 5 м и глубиной более 300–400 м.

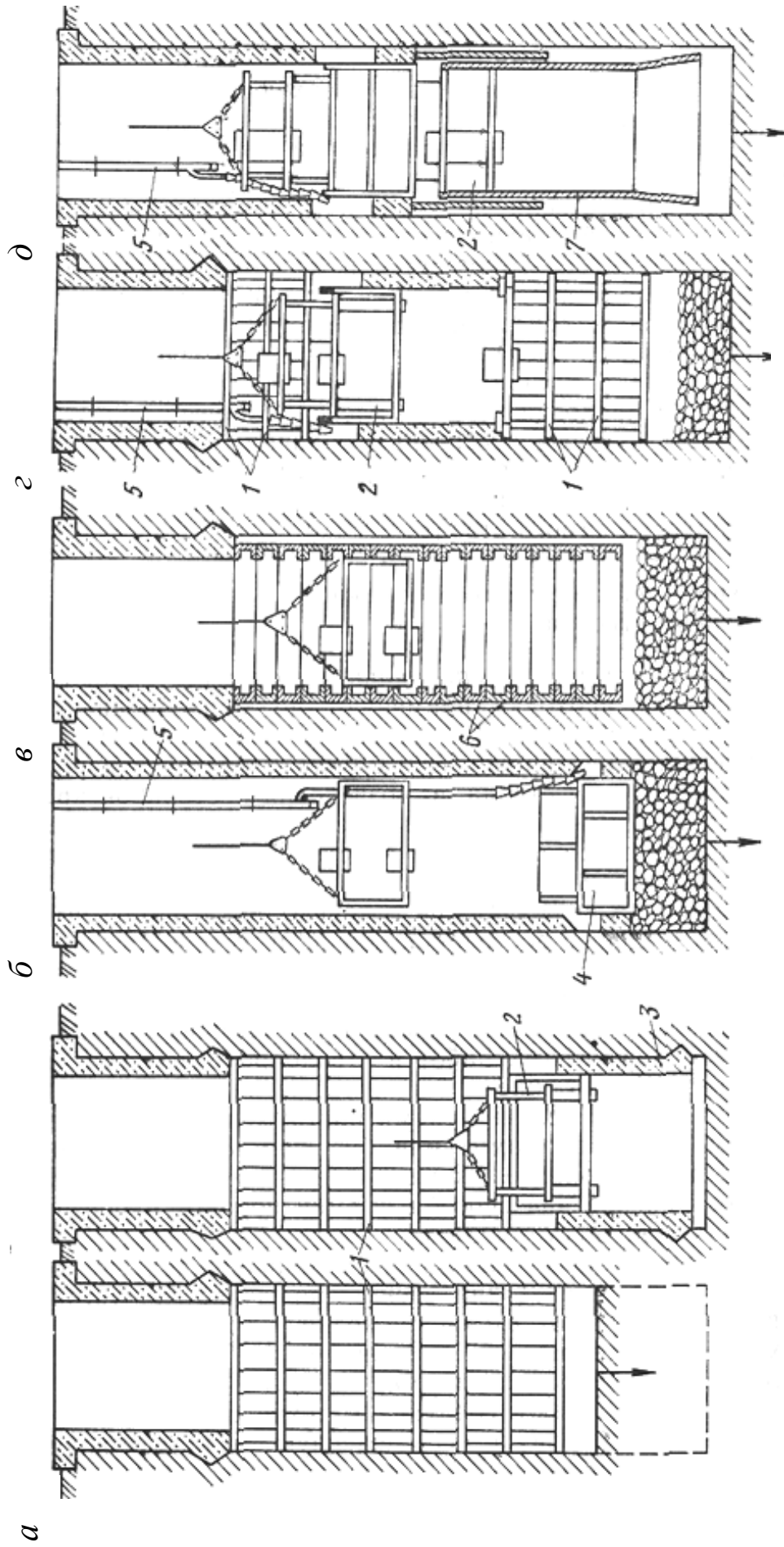


Рис. 1.26. Схемы проходки вертикальных стволов

Параллельно-щитовая технологическая схема проходки (рис. 1.26, д) отличается от параллельной тем, что в забое устанавливается металлический щит-оболочка. Между щитом и стенками ствола имеется зазор 150–200 мм. Схема применима в устойчивых породах при глубине стволов свыше 700 м и требует более продолжительного подготовительного периода по сравнению с совмещенной технологической схемой в связи с монтажом и демонтажом оборудования.

Технологическая схема проходки ствола и соответствующий ей комплекс проходческого оборудования зависят от диаметра и глубины ствола. На выбор технологической схемы оказывает также влияние требуемая скорость проходки.

В зависимости от выбранной технологической схемы в поперечном сечении ствола размещают оборудование, а на поверхности – подъемные машины. Проходческое оборудование размещают в стволе таким образом, чтобы бады были ближе к центру. Трубопроводы всех назначений, кабели взрывания, освещения, сигнализации и связи подвешивают в стволе для удобства в эксплуатации так, чтобы имелась возможность их осмотра и проведения мелкого ремонта с бады или спасательной лестницы. В зависимости от глубины различают стволы неглубокие (до 300 м), средней глубины (300–700 м) и глубокие (более 700 м).

При проходке неглубоких стволов весьма перспективно применение проходческого оборудования: передвижные подъемные установки типа ППМ, передвижные проходческие лебедки ЛПД-25, передвижные компрессорные установки ПКВ-25/8, котельные-ПКЕ-1/9, вентиляционные установки ВЦП-16 и другое оборудование.

До глубины 50–150 м применяют комплексы типа КПШ, ПК-1, а до глубины 300 м – комплексы КБ-1 и ОСК. Комплексами КПШ-2 и КПШ-3 можно проходить устья стволов и технологическую часть на глубину до 50 м. Комплекс состоит из экскаватора Э-505А со сменным оборудованием для подъема бадей БП-1, автомобильного крана К-51 для подвески грейферного погрузчика КС-3, разгрузочного бункера для бадей и передвижного компрессора. Проходческий кран ПК-1 в комплексе с аналогичным КПШ оборудованием применяют для сооружения неглубоких стволов (100–150 м) диаметром 4,5–6 м, а два крана ПК-1 – при диаметрах 6,5–8,5 м.



На рис. 1.27 показана совмещенная технологическая схема проходки ствола до глубины 130 м с использованием передвижной подъемной установки ППУ-1.

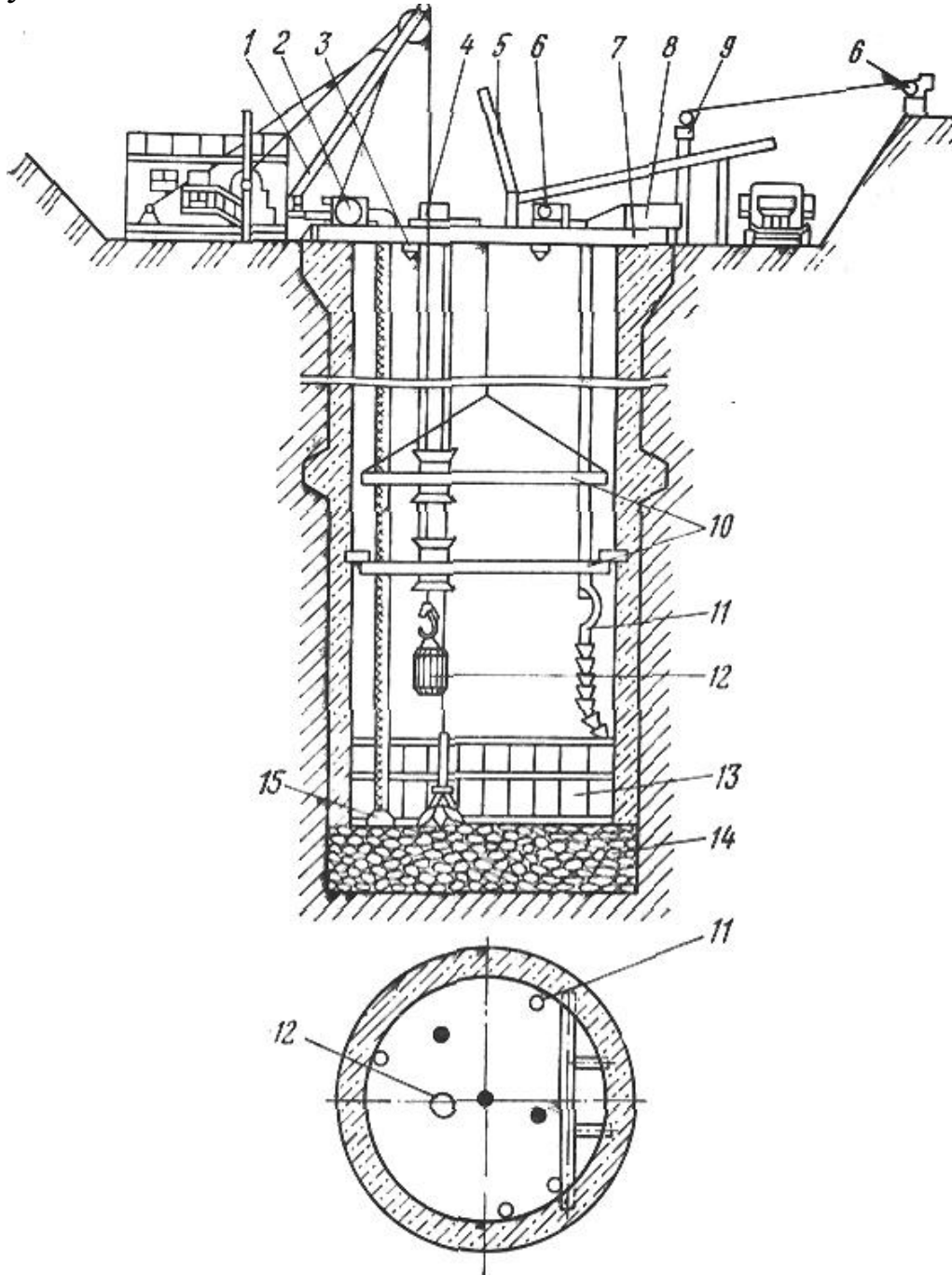


Рис. 1.27. Схема проходки ствола на глубину 130 м: 1 – передвижная подъемная установка; 2 – проходческая лебедка ПЛП-1,5; 3 – светильник; 4 – пневматическая лебедка ЛППГ; 5 – разгрузочная лядя; 6 – лебедка для подвески трубопровода для подачи бетона; 7 – перекрытие ствола; 8 – бункер для подачи бетона; 9 – ферма шкива для опрокидывания бункера; 10 – подвесной полук; 11 – трубопровод для подачи бетона; 12 – проходческая бадья БП-1; 13 – щитовая опалубка; 14 – порода для пневмопогрузчика КС-3; 15 – забойный насос Н-1м

На поверхности устанавливают раму-шаблон и проходят устье ствола. Отбойку породы производят отбойными молотками, а погрузка породы в бадью осуществляется пневмогрузчиком КС-3, который подвешивают на автомобильный кран К-51. После проходки устья на глубину 3 м с помощью деревянной опалубки его бетонируют. Затем вместо деревянной монтируют передвижную металлическую опалубку для возведения бетонной крепи. Выемку породы с последующим бетонированием производят заходками по 1–1,5 м. Порода, поднятая установкой, разгружается в автосамосвал и отвозится в отвал.

При проходке ствола на участке крепких пород выемка ведется буровзрывным способом с использованием перфораторов. Одновременно в стволе диаметром 4 м и более может работать до 16 перфораторов.

Комплексом КБ-1 проходят стволы на глубину до 300 м диаметром 4–6 м по совмещенной технологической схеме с применением монолитной бетонной крепи, подвесного полка, ручных перфораторов, бадьи вместимостью 1–2 м<sup>3</sup>, двух грейферных погрузчиков КС-3. К достоинствам комплекса можно отнести невысокую стоимость и небольшую массу оборудования.

Комплекс ОСК имеет аналогичную область применения, как и комплекс КБ-1. Он состоит из подвесного полка, бурильной установки СМБУ-4м и многолопастного грейфера ОСК с механизмом вождения из кабины производительностью 50 м<sup>3</sup>/ч и предназначенного для погрузки породы в бадью вместимостью 2–3 м<sup>3</sup>. Для возведения бетонной крепи имеется призабойная опалубка высотой 2–4 м.

### **1.3.3. Типовые сечения разведочных шурфов**

Типовыми паспортами предусмотрена проходка прямоугольных восстающих четырех типоразмеров, имеющих отделения: ходовое, грузовое и трубное. Шурфы глубиной до 10 м имеют одно отделение, а до 20 м – с одним или с двумя отделениями. У шурфа с одним отделением площадь поперечного сечения в свету составляет от 0,8 до 1,5 м<sup>2</sup>, а с двумя отделениями – 2; 3,2 м<sup>2</sup>. При проведении восстающего с помощью проходческого комплекса типа КПВ минимальные размеры восстающего в свету составляют 1,9×2 м [6].

Типовыми сечениями по стандарту (ОСТ 41-02-206-81) предусмотрено десять типоразмеров шурфов: прямоугольного сечения (6 шт.), квадратного (2 шт.) и круглого (2 шт.). Выбор сечения шурфа

зависит от его глубины и устойчивости пород. Площадь поперечного сечения вчерне определяют с учетом площади, которую занимает крепь. С увеличением глубины шурфа площадь поперечного сечения в свету увеличивается. На рис. 1.28 показан шурф прямоугольного сечения (тип П-1,5), закрепленный деревянной венцовой крепью, площадью в свету  $1,5 \text{ м}^2$ . Разделение шурфа на отделения целесообразно только при ручной погрузке породы в бадью 1. Для этого применяют прогоны 2, которые распираются расстрелами 3 через каждые 1,5 м. Расстрелы обшиваются досками 4 толщиной 20 мм. Такое сечение шурфа применяют до глубины 20 м. При большей глубине площадь сечения шурфа следует увеличивать до  $4 \text{ м}^2$ . Для прохода по шурфу служит подвесная лестница 5.

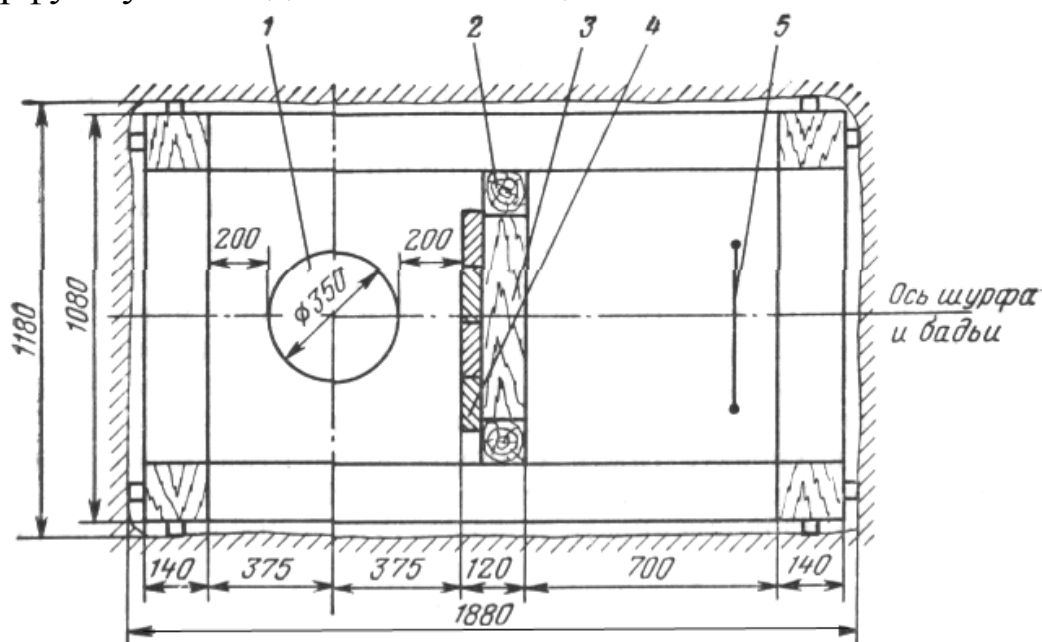


Рис. 1.28. Типовое прямоугольное сечение шурфа с венцовой крепью

Шурфы широко используются в качестве разведочных выработок. Они проходятся на всех стадиях геологических исследований – при съемке, поисках и разведке месторождений.

По глубине шурфы условно делят на мелкие (до 5 м), средней глубины (до 10 м) и глубокие (до 40 м).

Типовыми сечениями (ОСТ 41-02-206–81) предусматривается проходка шурфов прямоугольной, квадратной и круглой формы с площадью поперечного сечения в свету от  $0,8$  до  $4 \text{ м}^2$ . Обоснование формы поперечного сечения шурфа производится с учетом свойств горных пород, способа проходки, конструкции крепи и глубины шурфа. При проходке шурфов в устойчивых породах поперечному сече-

нию отдается предпочтение круглой форме. Такую же форму применяют при проходке шурфов по рыхлым, сыпучим и малосвязным породам, но с использованием соответствующих конструкций крепи.

Глубина шурфов определяется в первую очередь наличием эффективных средств механизации. С увеличением глубины шурфов процесс их проходки усложняется, увеличиваются затраты труда и средств, поэтому более половины всех шурфов при разведке месторождений имеют глубину до 10 м.

Можно выделить три вида технологических схем проходки разведочных шурфов в зависимости от способа разрушения породы на забое и уровня механизации:

- проходка в слабых породах с использованием ручных инструментов для отделения породы от массива;

- проходка с использованием буровзрывного способа;

- проходка механизированным способом.

При проходке шурфов в слабых породах для отделения породы от массива используется ручной инструмент. Этот способ нашел применение в условиях, когда применение высокомеханизированных способов не может быть обеспечено и объемы шурфоходческих работ невелики. Работы по проходке шурфа начинаются с подготовки площадки, на которой должно быть размещено устье шурфа и его разметки и установки проходческой рамы, размеры которой в свету равны проектным размерам поперечного сечения шурфа. Проходческий цикл включает следующие операции: отбойку породы, погрузку и подъем породы на поверхность, крепление, проветривание, водоотлив и вспомогательные операции.

При проходке шурфов буровзрывным способом взрывание шпуровых зарядов производится электрическим или электроогневым способом. При применении электрического способа используются электродетонаторы мгновенного и короткозамедленного действия.

Шурфы глубиной до 20 м проветривают с использованием гибких труб диаметром 300 мм и вентилятора СВЦ78М. В соответствии с требованием ПБ выходное отверстие трубы должно располагаться на расстоянии более 10 м от устья шурфа, а входное – на расстоянии от забоя должно быть не более 5 м. Водоотлив из шурфа осуществляется с помощью подвешенного насоса ПВН-11М или забойного насоса Н-1М. Подъем породы рекомендуется производить в бадьях БШ-0,12

(ОСТ 41-02-157–80) с использованием шурфопроходческого механизированного подъемника ПМШ2М.

В зависимости от физико-механических свойств пород крепление шурфов осуществляется сплошной венцовой крепью, венцовой крепью на стойках или инвентарной крепью типа КШП и КШИ. Конструкции инвентарной крепи рекомендованы типовыми технологическими схемами и входят в комплект необходимого оборудования для проходки шурфов глубиной до 20 м.

Инвентарная крепь состоит из устьевого секции, несущих венцов на расстоянии между ними 1 м и элементов подвески. После проходки шурфа на глубину 2 м производят установку устьевого секции, а далее при помощи элементов подвески монтируют несущие венцы. Стенки шурфа перекрывают затяжкой из досок.

Спуск людей в забой и их подъем на поверхность, а также доставку элементов крепи в шурф производят в бадье.

Для защиты работающего в забое от случайного падения кусков породы во время подъема бадьи над забоем монтируют предохранительный полук.

Для проходки шурфов глубиной до 30 и 40 м рекомендованы типовые сечения прямоугольной формы с площадью в свету 3,2 и 4 м<sup>2</sup>. В соответствии с требованиями Правил безопасности шурфы такой глубины проходят с двумя отделениями, одно из которых является лестничным, а другое – подъемным (рис. 1.29).

Проведение глубокого шурфа включает следующие основные стадии: проходку устья шурфа с возведением крепи; устройство перекрытия устья; проходку и армирование шурфа.

Устьевую часть шурфа на глубину до 2 м проходят с применением отбойных молотков или буровзрывных работ. Крепление осуществляют сплошной венцовой крепью, которая состоит из опорного и рядовых венцов. Верхние венцы крепи должны быть выше уровня поверхности не менее чем на 0,3 м и обязательно перекрываться ладами, которые предотвращают падение в шурф случайных предметов.

Технология буровзрывных работ при проходке шурфов практически не зависит от их глубины. Проветривание производят с помощью центробежного вентилятора и вентиляционных труб диаметром 400 мм, которые располагаются в подъемном отделении. Для водоотлива применяют подвесные ПВН-15Н или забойные Н-1М насосы.

Погрузку породы выполняют вручную в бабьи БШ-0,18 вместимостью 0,18 м<sup>3</sup>. Подъем и спуск грузов осуществляют с помощью крана КШ2М. Для крепления шурфов в породах до XIII категории (по ЕНВ-77) применяется сплошная венцовая крепь, а в породах XIV–XX категорий – венцовая крепь на стойках. И в том, и в другом случае крепление производится участками в направлении снизу вверх.

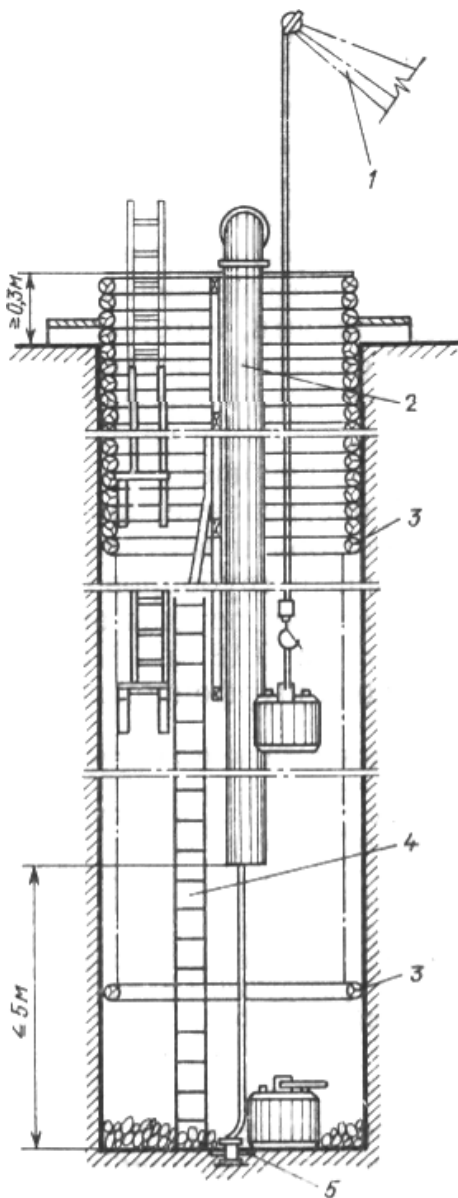


Рис. 1.29. Схема проходки глубоких шурфов буровзрывным способом: 1 – шурфопроходческий подъемник; 2 – вентиляционный трубопровод; 3 – венцы; 4 – подвесная лестница; 5 – погружной забойный насос

Процесс крепления включает установку опорного венца, лестничных полков и лестниц, а также разделение лестничного отделе-

ния от подъемного сплошной перегородкой и перекрытие стенки шурфа досками. Лестничное отделение при буровзрывном способе проходки находится на расстоянии не более 10 м от забоя, а при проходке без буровзрывных работ – не более 3 м.

*Проходка шурфов механизированным способом без использования ВВ*

К механизированным способам проходки шурфов относят такие, при которых основные проходческие операции выполняются без присутствия людей в забое. В настоящее время применяются два варианта: машины с исполнительными органами, работающими по принципу черпания породы; машины с исполнительными органами бурового типа.

Исполнительный орган машин первого типа выполняется в виде грейфера (рис. 1.30). Принцип его действия заключается в следующем. Грейфер в раскрытом виде опускается на трубах в шурф. Под действием осевого усилия, передаваемого через трубу 1, челюсти 5 грейфера внедряются в породу. При вращении труб и ходового винта 3 муфта 2 и рычаги 4 перемещаются вниз. При этом рычаги 4, воздействуя на челюсти, закрывают грейфер.

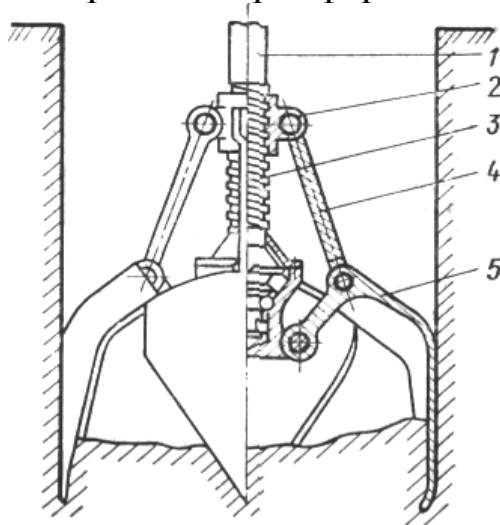


Рис. 1.30. Схема напорного грейфера

Типовыми технологическими схемами предусматривается использование установок с грейферными рабочими органами при проведении разведочных шурфов глубиной до 10 и 15 м. В частности, грейферная установка ЭО-4321 позволяет проходить шурфы глубиной до 10 м. Она комплектуется сменными грейферами, что обеспечивает возможность проходки шурфов квадратной ( $S = 2 \text{ м}^2$ ), круглой ( $S = 1,5 \text{ м}^2$ ) или прямоугольной ( $S = 1,3 \text{ м}^2$ ) формы в породах

I–IV категорий. Для механизированной проходки шурфов в скальных породах этой установкой требуется их предварительное рыхление буровзрывным способом. Радиус поворота и высота разгрузки грейфера позволяют формировать отвал, который по своему объему достаточен для размещения всей породы при проходке шурфа.

Шурфы, проходимые установкой ЭО-4321, крепят инвентарной крепью (рис. 1.31). После проходки шурфа на глубину 2 м монтируют устьевую секцию крепи, а далее при помощи элементов подвески – несущие венцы и затягивают стенки шурфа досками.

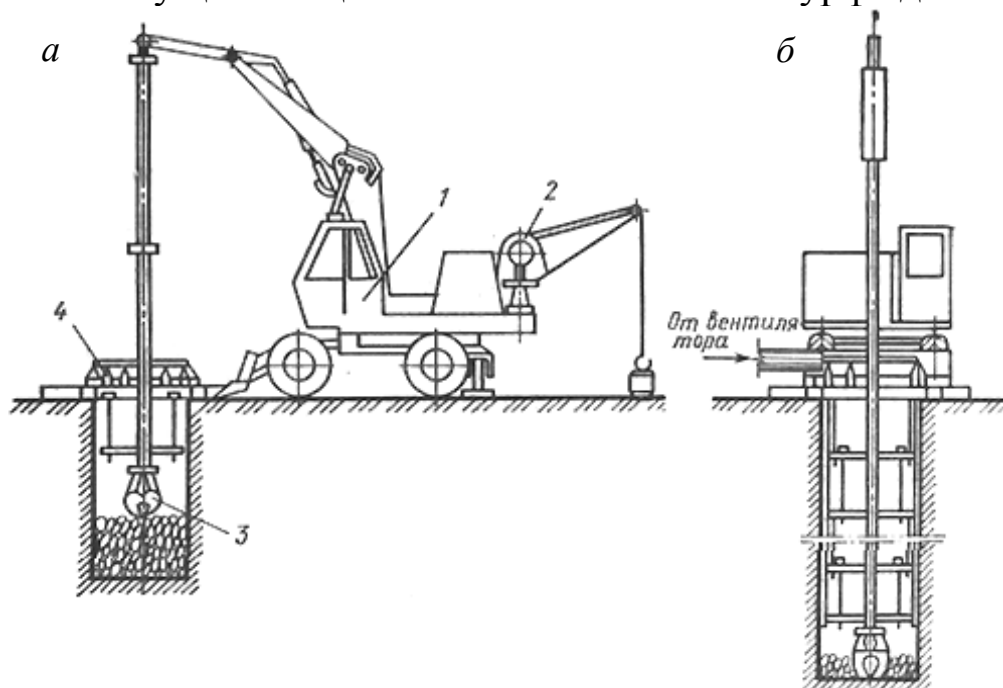


Рис. 1.31. Схемы проходки устьевой части шурфа (а) и шурфа с креплением его инвентарной подвесной крепью (б): 1 – шурфопроходческая установка; 2 – лебедка вспомогательного подъемного устройства; 3 – грейфер; 4 – устьевая секция инвентарной крепи

Спуск и подъем людей и элементов крепи осуществляют специальным подъемным устройством. При выполнении работ в шурфе проветривание обеспечивается вентилятором СВЦ78М, а водоотлив – насосом Н-1М.

Для проходки шурфов по скальным породам с предварительным рыхлением их взрывом в комплект установки входят: перфоратор ПП63С; бадья БШ-0,12; предохранительный полок; подвесная лестница.

*Венцовая крепь* применяется трех видов: сплошная, подвесная и на стойках. Сплошную венцовую крепь устанавливают в виде



сруба в слабых породах для крепления шурфов, восстающих и неглубоких разведочных стволов при продолжительном сроке службы. Через каждые 3–8 м по короткой стороне выработки устанавливают опорные венцы, служащие для поддержания вышележащих звеньев крепи. Концы основных венцов заходят на глубину 0,5–0,7 м в специальные врубовые полости в стенках выработки.

Венцовая крепь на стойках является более экономичным видом крепи и применяется для крепления шурфов в относительно устойчивых породах (рис. 1.32). Эту крепь возводят снизу вверх после установки опорного венца 1. На опорный укладывают рядовой венец 2. Затем устанавливают стойки 3 длиной 0,5–1 м, которые соединяют с венцами в паз строительными скобами. Пространство между венцами затягивают досками 4 и засыпают мелкой породой.

Подвесная венцовая крепь позволяет возводить ее сверху вниз от опорного венца (рис. 1.33). Венцы подвешивают друг к другу на расстоянии 0,6–1 м на специальных крючьях. Основные венцы заводят в боковые породы через каждые 2–4 м. Возведение сплошной венцовой крепи сверху вниз возможно только на небольших участках ствола или шурфа.

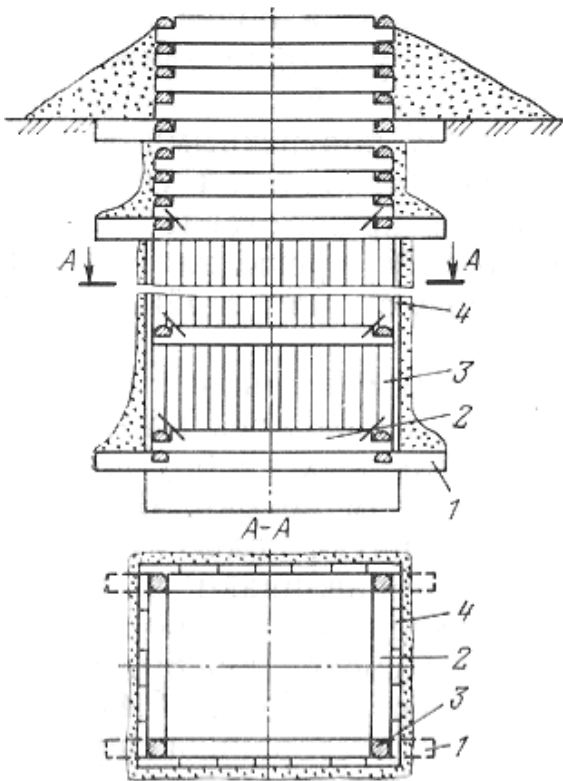


Рис. 1.32. Венцовая крепь шурфа на стойках

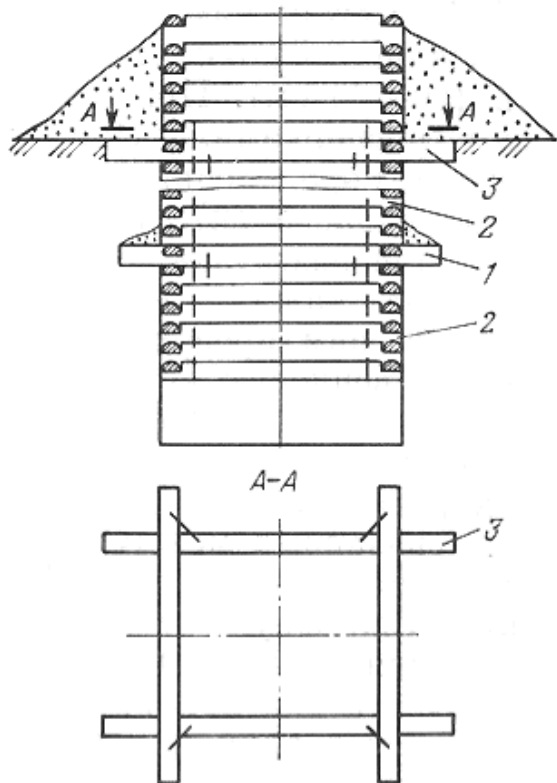


Рис. 1.33. Подвесная венцовая крепь

При проходке шурфов вручную проходческий цикл включает отбойку породы, погрузку и подъем ее на поверхность, крепление, проветривание, водоотлив и вспомогательные операции. Этот способ допустим только при небольших объемах шурфопроходческих работ.

Отбойка породы осуществляется лопатами, ломом, кайлами или с помощью отбойных молотков. При использовании отбойных молотков разрушение породы начинают с образования в середине забоя или у одной из его стенок вруба щелеобразной формы. Отбойка породы на остальной площади забоя производится в сторону вруба, чем значительно повышается эффективность процесса. Порода по всему забою разрушается на глубину около 20 см.

До глубины 2 м порода без погрузки в бадью выбрасывается непосредственно на поверхность, а при большей глубине на устье шурфа устанавливается ручной вороток и породу поднимают в бадье вместимостью 0,03 м<sup>3</sup>.

Шурфы, проводимые в неустойчивых породах, крепятся сплошной венцовой крепью, крепью на стойках или инвентарной крепью КШП и КШИ. При креплении сплошную крепь устанавливают вплотную к забою.

Выбор конструкций крепи определяется горным давлением и продолжительностью использования шурфа. Временная крепь возводится в период проведения шурфа и может быть использована только в период разведочных или инженерно-геологических работ, когда осуществляется взятие проб в призабойной зоне шурфа.

Временная крепь должна быть легкой и удобной при ее монтаже и демонтаже. Материалами для изготовления элементов крепи служат алюминиевые сплавы, сталь и пластмассы (рис. 1.34).

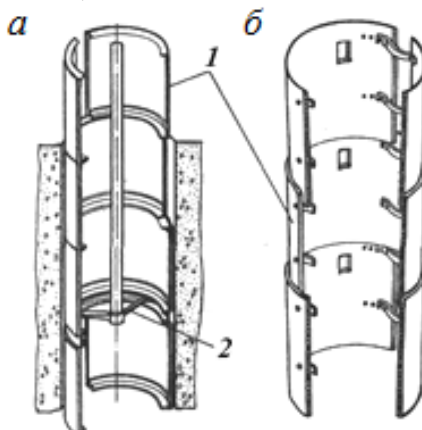


Рис. 1.34. Кольцевая крепь: *а* – металлическая; *б* – стеклопластиковая; 1 – кольцо; 2 – спуско-подъемное устройство для монтажа и демонтажа крепи

Предпочтительнее использовать кольцевую крепь, состоящую из отдельных колец *1* соединяемых между собой, или каркасно-пластинчатую (рис. 1.35), состоящую из каркаса *2*, на который монтируются пластины. Эти крепи желательно применять в недостаточно устойчивых породах (перемежающихся глинах, песках, суглинках и т. п.). Временная крепь используется всего нескольких дней.

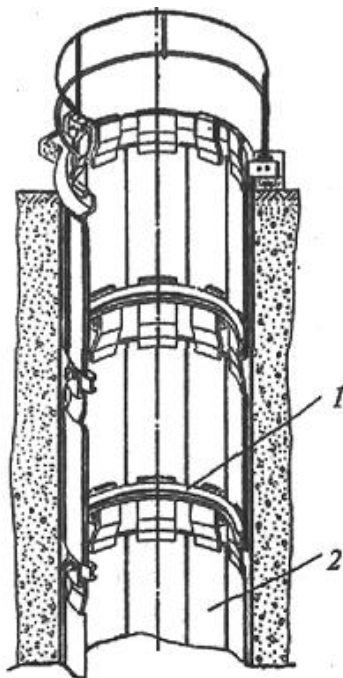


Рис. 1.35. Каркасная крепь: *1* – распорное кольцо; *2* – элемент каркаса

Долговременная крепь применяется для шурфов длительной эксплуатации, измеряемой годами. Это крепь одноразовая, поэтому ее конструкция не предусматривает возможность демонтажа. К долговременным относятся каркасная, анкерная крепи, а также крепь из железобетонных колец, из металлических и пластмассовых труб или колец. В качестве материалов для пластмассовой крепи применяют стеклопласт, винипласт и полиэтилен.

При проходке шурфов с помощью БВР большая часть технологических процессов цикла (зарядание шпуров, уборка горной массы, крепление) также выполняется вручную. Проходческий цикл включает операции: разрушение породы; проветривание; погрузку и подъем горной массы; водоотлив; крепление.

Непосредственно с поверхности после установки проходческой рамы разрушение породы целесообразно производить, если это возможно, отбойными молотками. В породах средней крепости и

крепких устьевою часть шурфа (до глубины 2–2,5 м) проходят с применением буровзрывного способа.

Так как площадь поперечного сечения шурфов небольшая, то глубина шпуров обычно не превышает 1,5 м. Количество шпуров зависит от свойств пород, площади сечения и может достигать 10–15 шт. По окончании бурения каждый шпур закрывается деревянной пробкой, чтобы в него не попали мелкие куски породы.

Бурением шпуров занимается, как правило, один проходчик. Из-за малой площади поперечного сечения чаще применяют прямые врубы, а врубы с наклонными шпурами нашли применение в шурфах сечением более 2 м<sup>2</sup>. Шпуры наклонных врубов бурят под углом 65–80° к поверхности забоя. В шурфах малой площади поперечного сечения врубовые шпуры могут отсутствовать. Так при проходке шурфа сечением в свету 1,3 м<sup>2</sup> по растительному слою достаточно пробурить один шпур по центру забоя (рис. 1.36, *а*), в породах III–IV категории – два шпура (рис. 1.36, *б*), V–VI категории – три шпура (рис. 1.36, *в*), в породах VII категории – четыре шпура (рис. 1.36, *г*). При проходке шурфов большей площади сечения и в более крепких породах приходится бурить большее количество шпуров с пирамидальным или прямым врубом (рис. 1.36, *д*).

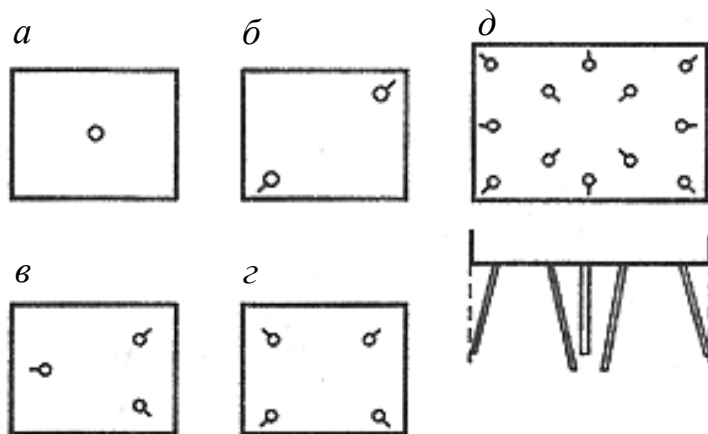


Рис. 1.36. Схема расположения шпуров при проходке шурфов: *а* – в растительном слое; *б* – в породах III–IV категорий; *в* – в породах V–VI категорий; *г* – в породах VII категории; *д* – в крепких породах

Глубина врубовых шпуров принимается равной  $l \approx (0,7-1) B$ , где  $B$  – размер длинной стороны шурфа в черне.

Оконтуривающие шпуры бурят на 10–20 см короче. Устья оконтуривающих шпуров располагают на расстоянии 0,1–0,3 м от стенок выработки. Забои оконтуривающих шпуров не должны вы-

ходить за проектный контур поперечного сечения. Расстояние между оконтуривающими шпурами устанавливают в пределах 0,5–0,8 м. Чем крепче порода, тем меньше должно быть это расстояние.

На практике глубина шпуров при проходке шурфов составляет от 0,6 до 1,5 м.

Для заряжания шпуров применяют аммонит 6-ЖВ, реже – детонит М и гранулиты. Удельный расход ВВ варьирует в пределах от 1 до 3,5 кг/м<sup>3</sup>, КИШ обычно составляет 0,8–0,9, иногда достигая 0,95. Способы взрывания применяют электрический или электроогневой.

Способ проветривания шурфов – только нагнетательный, с использованием вентиляторов серии СВЦ различных модификаций. Эти вентиляторы легко разбираются на транспортабельные блоки, пригодные для перевозки во вьюках или переноски вручную. Ими можно проветривать шурфы глубиной до 40 м. В шурфах глубиной 30–40 м можно применять и вентиляторы серии ВМ.

Гибкие трубопроводы диаметром 200–400 мм в глубоких шурфах подвешивают на тросах, в неглубоких – просто опускают в выработку. Конец вентиляционного трубопровода не должен отстоять от забоя более 5 м.

Водоотлив осуществляется с помощью забойных насосов Н-1, которые могут использоваться как для перекачки воды в бадью, так и выдачи ее непосредственно на поверхность.

Горную массу грузят вручную в бадьи БШ вместимостью 0,03–0,27 м<sup>3</sup>. Производительность ручной погрузки горной массы в среднем составляет 1,2–1,4 м<sup>3</sup>/ч. Погрузкой и разгрузкой занимаются по одному проходчику. Во время движения бадьи он должен находиться под защитой деревянного предохранительного полка, сооружаемого в 2–2,5 м от забоя и перекрывающего приблизительно треть сечения шурфа. В шурфах глубиной до 20 м при использовании бадей вместимостью 0,12 м<sup>3</sup> применяются подъемники ПМШ-2М.

### **1.3.4. Схемы проведения разведочных штолен**

При проходке штольни для предотвращения осыпания породы с косогоров у устья выработки устанавливают порталную раму (рис. 1.37) из дерева или монтируют козырек [3].

Устье штольни крепят деревянной, металлической или бетонной крепью (рис. 1.38).

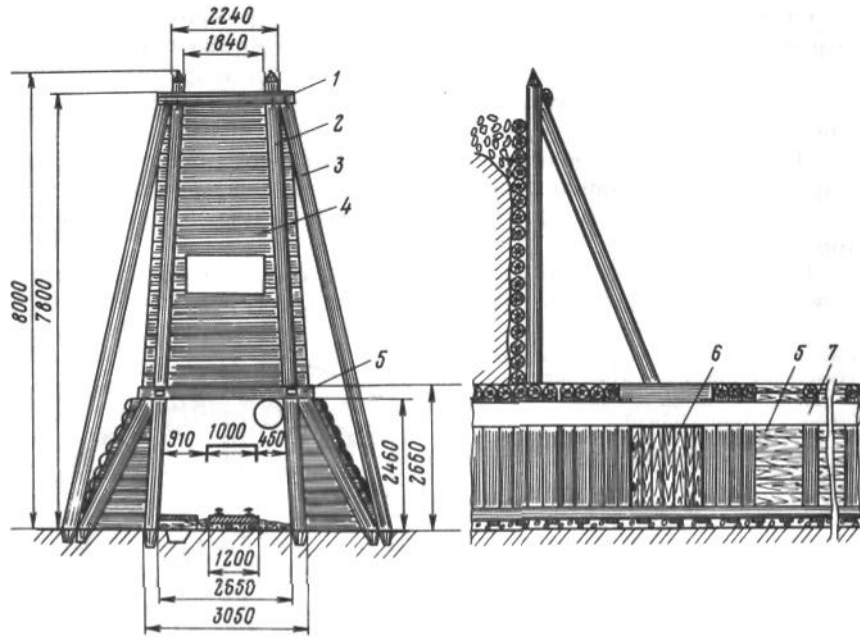


Рис. 1.37. Схема крепления порталной рамы штольни: 1 – стяжка; 2 – стойка; 3 – укосина; 4 – затяжка; 5 – стяжка; 6 – галерея; 7 – вентиляционная труба

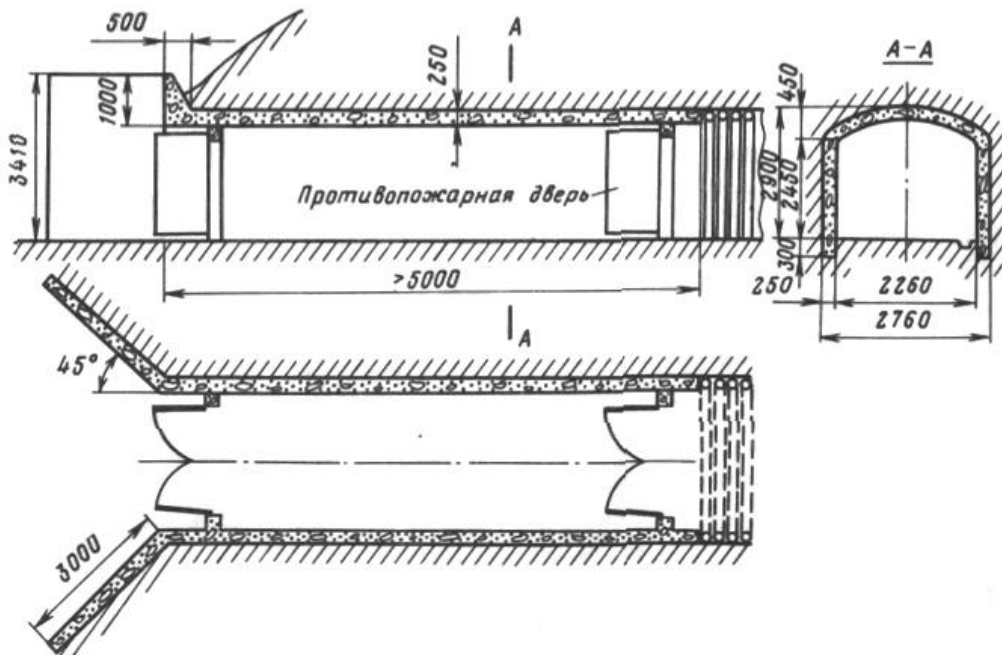


Рис. 1.38. Схема крепления устья штольни

В случаях возможных заносов устья штольни снегом в зимних условиях устраивают специальную галерею.

Ниже приводятся технологии сооружения выработок на разведочном горизонте. Рассмотрено сооружение комплекса выработок – вскрывающей штольни (рис. 1.39, а), прослеживающих штрека (рис. 1.39, б) и рассечки (рис. 1.39, в).

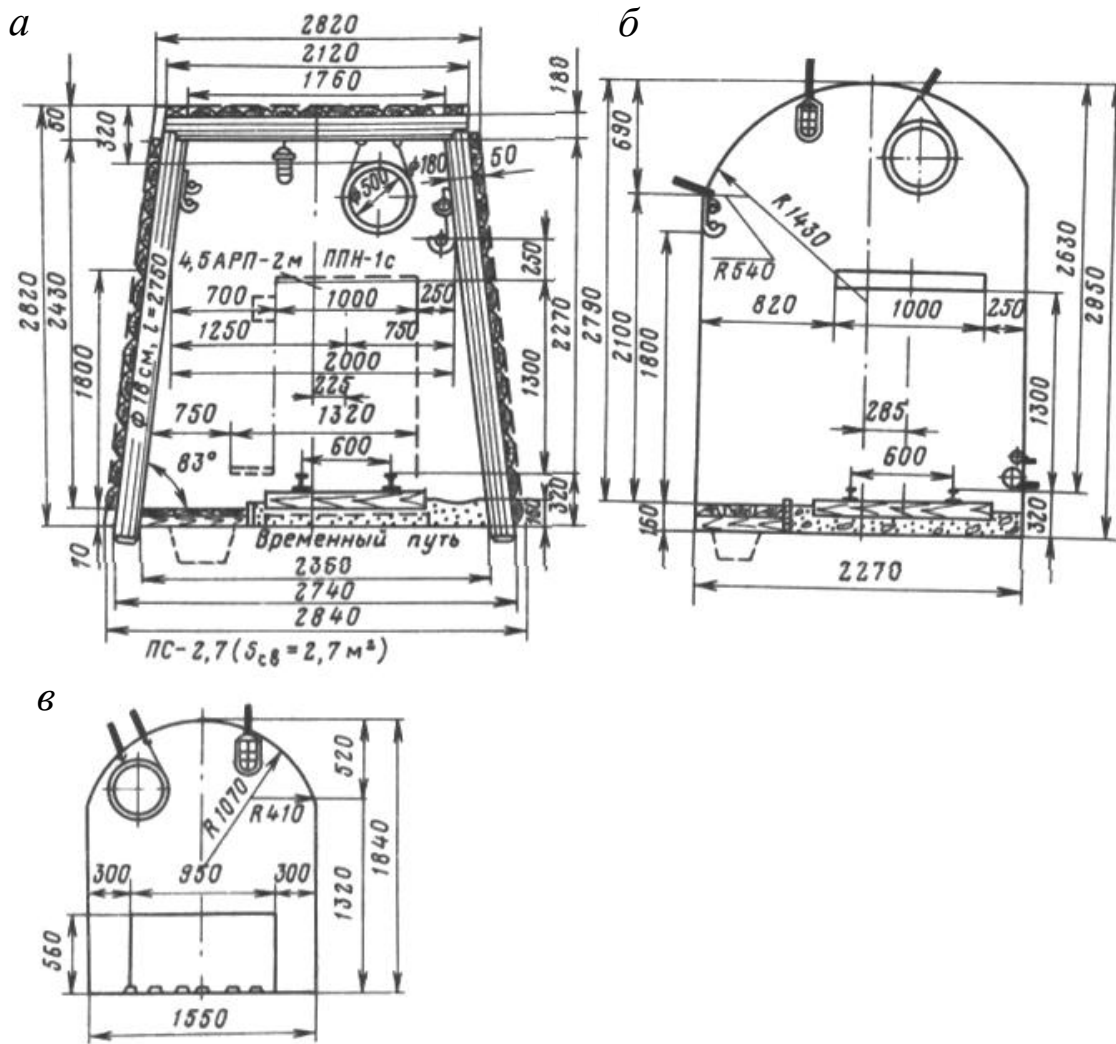


Рис. 1.39. Поперечные сечения выработок

Бурение шпуров перфораторами ПП-63В, ВВ – аммонит 6ЖВ, взрывание – огневое. Вруб в штольне – спиральный, в штреках – ярусный, в расщелке – щелевой.

На рис. 1.40 приведена схема бурения шпуров при проведении штольни буровзрывным способом. Как видно рис. 1.40, б, бурение шпуров осуществляется двумя бурильными головками и начинается с почвенных шпуров. С другой стороны, последовательность взрыва шпуров (рис. 1.40, а) отмечается на схеме номерами от 1 до 20. Расстояние между шпурами по вертикали составляет 300–620 мм, а по горизонтали 813–814 мм.

После проветривания выработки погрузка и транспортирование разрушенной породы производится комплектом оборудования, один из вариантов которого представлен на рис. 1.41.

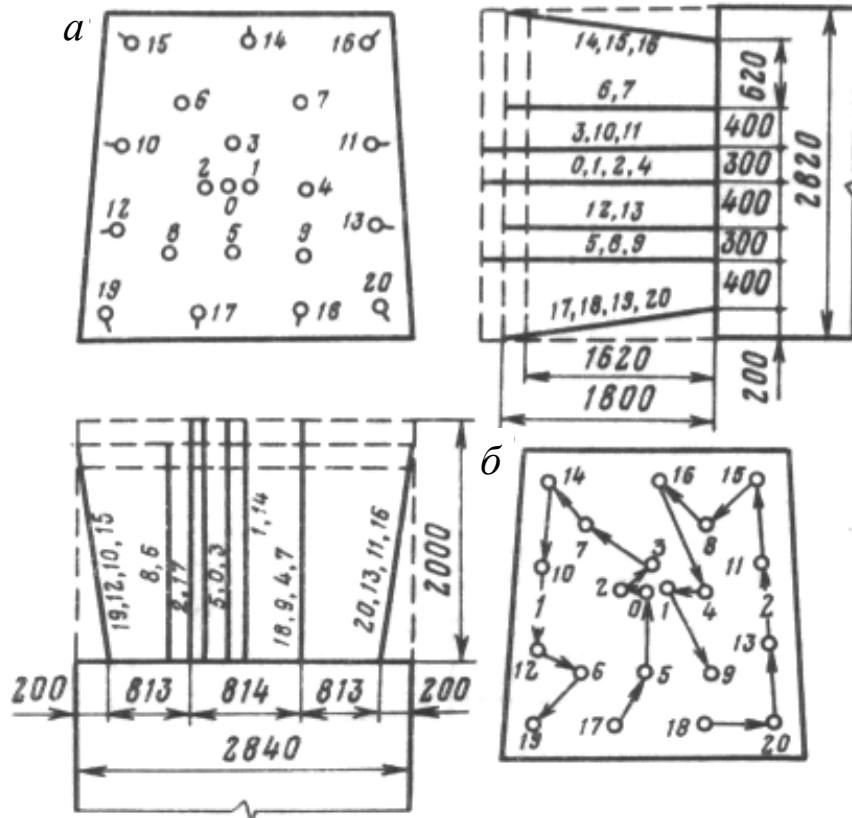


Рис. 1.40. Схема расположения шпуров в штольне (а) и порядок обуривания забоя (б)

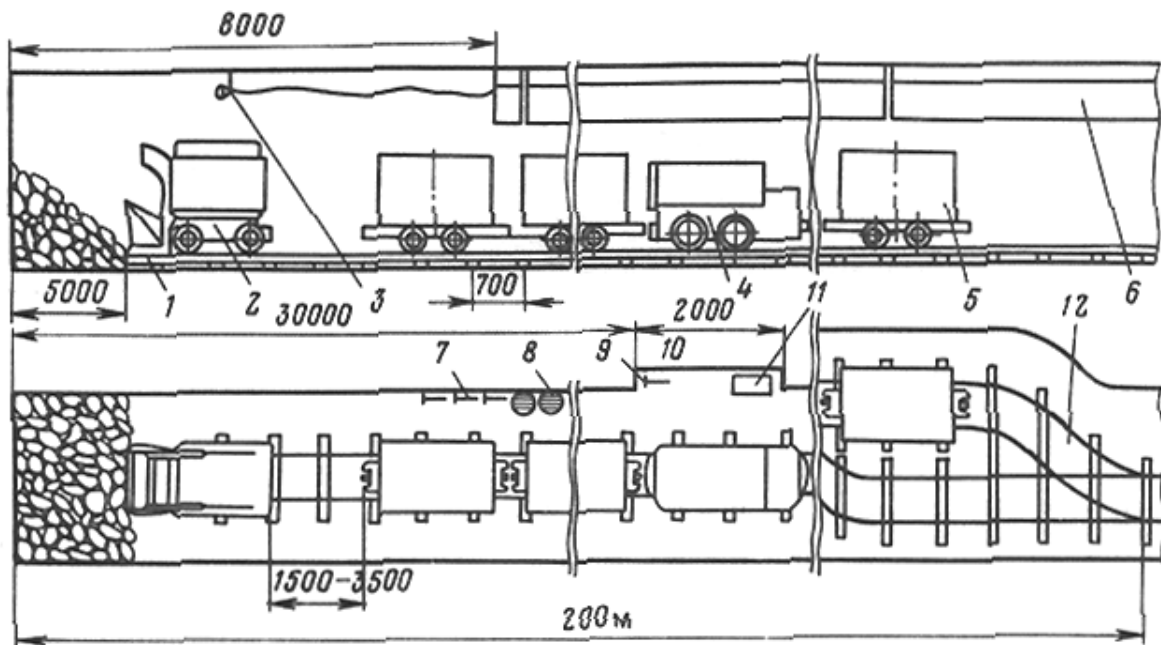


Рис. 1.41. Схема расположения оборудования в забое штольни: 1 – рельсовый путь; 2 – погрузочная машина ППН-1; 3 – переносной светильник; 4 – электровоз 4,5 АРП-2М; 5 – вагонетка; 6 – вентиляционные трубы диаметром 500 мм; 7 – перфораторы; 8 – водяные и воздушные шланги; 9 – ниша для инструментов; 10 – запасной перфоратор; 11 – ящик для инструмента; 12 – разминка



При проведении штолен в качестве предохранительных крепей призабойной зоны применяются консольные балочные (рис. 1.42) и анкерные крепи (рис. 1.43 и 1.44).

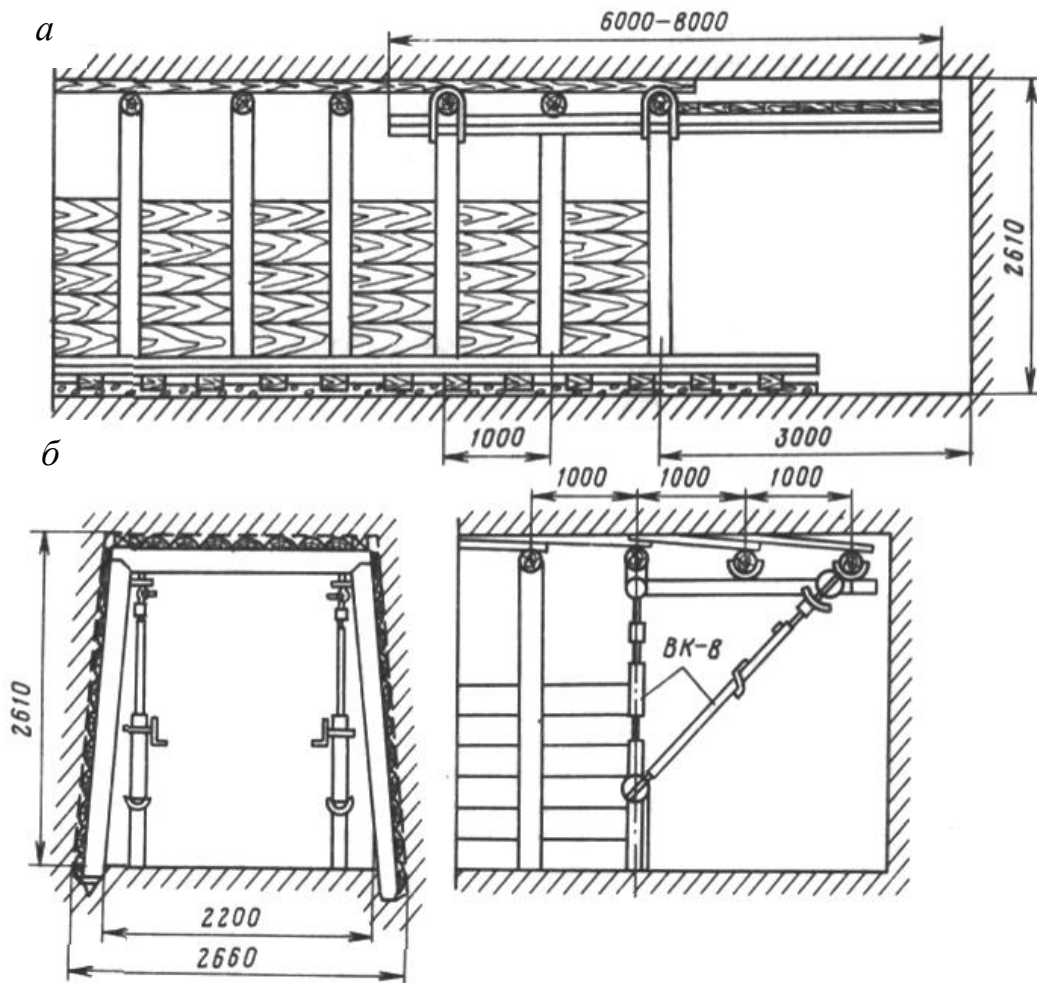


Рис. 1.42. Консольные временные предохранительные крепи:  
*а* – выдвигаемая; *б* – переносная

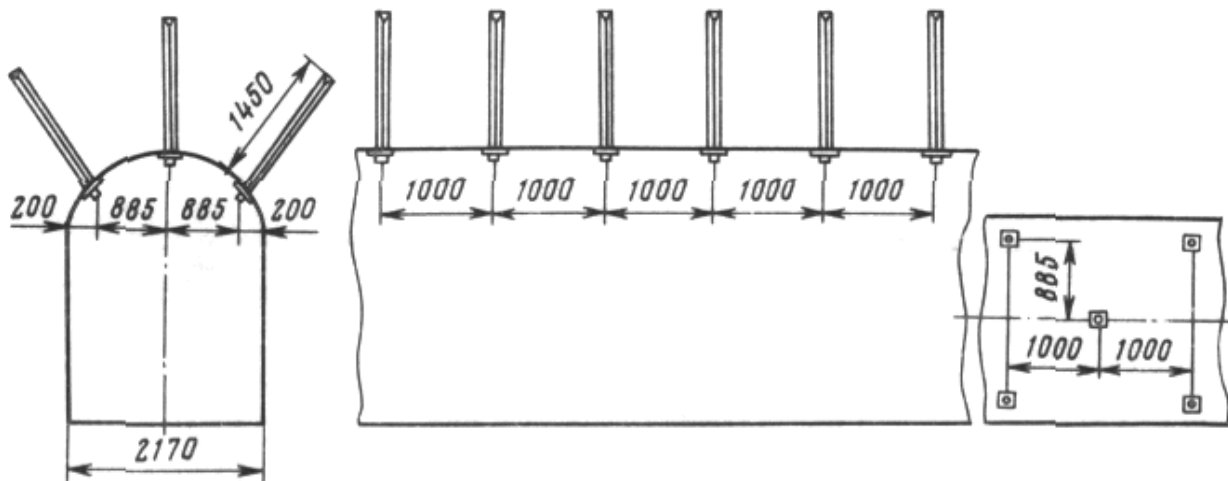


Рис. 1.43. Схема крепления выработки анкерами

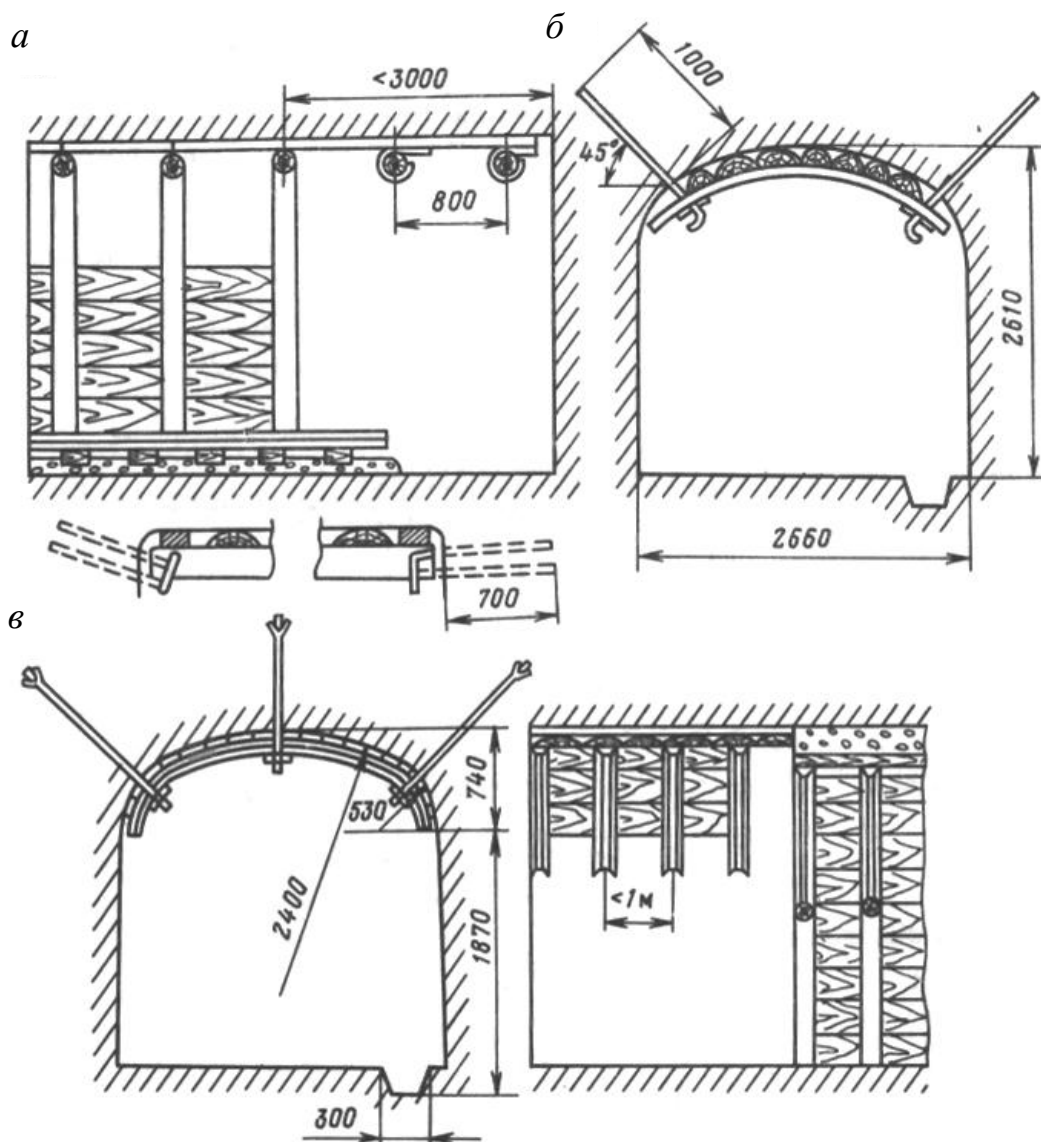


Рис. 1.44. Подвесные временные предохранительные крепи: *а* – с закладными штырями; *б* – с закладными анкерами; *в* – крепь-опалубка с анкерами

### 1.3.5. Схемы проведения разведочных канав

Разведочные канавы проводятся при геологической съемке для выяснения геологического строения и закономерностей размещения полезных ископаемых. С помощью разведочных канав получают данные для съемки масштаба 1:10000, а также для составления схематических геологических карт масштаба 1:10000 и 1:5000, для определения структурно-морфологического типа полезного ископаемого [5, 6].

Канавы проводятся на стадии предварительной разведки для уточнения границ распространения и вскрытия выходов полезных ископаемых на поверхности и прослеживания их по простиранию.

Размеры их поперечного сечения зависят от мощности и свойств отложений и способа проходки. Глубина канав  $H$  определяется мощностью отложений и величиной углубки в коренные породы, м

$$H = H_0 + c,$$

где  $H_0$  – мощность отложений, м;  $c$  – величина углубки в коренные породы (0,2–0,3 м).

Ширина канавы по подошве может быть принята равной 0,7–0,8 м, что обеспечивает удобство при оформлении геологической документации. С другой стороны, она зависит от габаритов применяемого проходческого оборудования. Длина канавы может достигать нескольких сотен метров. Часто канавы проводят прерывистыми, и в этом случае они называются пунктирными. Длина «пунктиров» принимается равной 5, 10, 20 м и более. Форма поперечного сечения канавы, как видно из рис. 1.45, может быть прямоугольной, трапециевидной или ступенчатой.

Прямоугольная форма характерна для устойчивых пород при глубине канавы менее двух метров. Трапециевидную форму придают канavam различной глубины, проводимым без крепления или с креплением в неустойчивых породах. Высота уступа принимается равной 1,5–2 м, ширина горизонтальной площадки уступа – 0,5 м. Боковым стенкам канав для обеспечения устойчивости придается наклон, соответствующий углу естественного откоса (табл. 1.3).

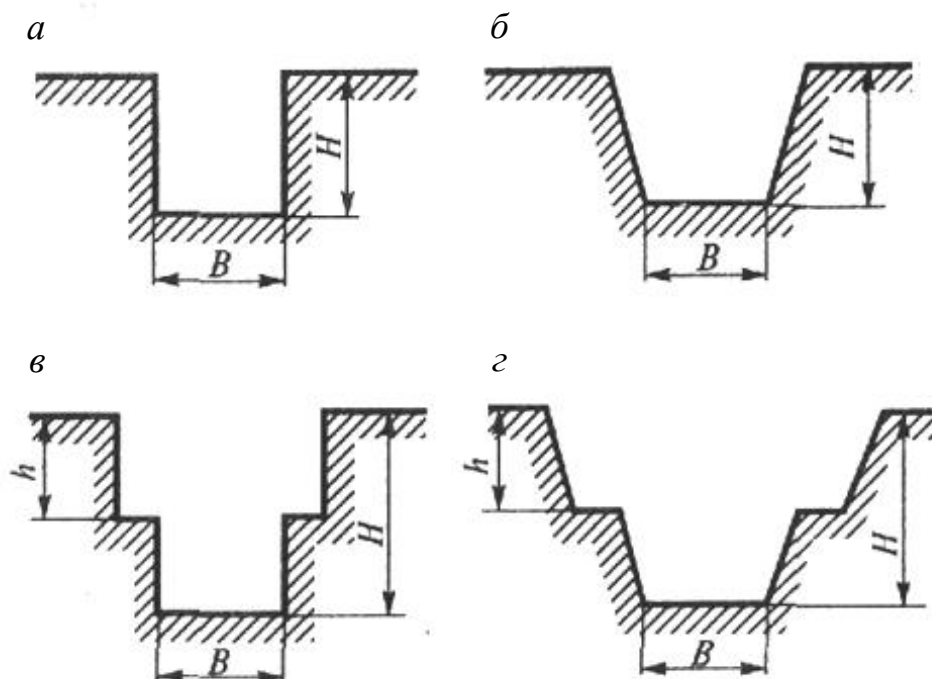


Рис. 1.45. Формы поперечного сечения канав: *а* – прямоугольная; *б* – трапециевидная; *в*, *г* – ступенчатые

При креплении канав углы наклона их бортов равны 80–90°. При ручной или экскаваторной проходке вынимаемая порода отсыпается в ленточные отвалы, располагаемые с одной или с двух сторон вдоль канавы на расстоянии более 0,3 м от бровки канавы. При проведении канав скреперами и бульдозерами форма отвала в основном веерная или конусообразная.

Проведение канав может осуществляться следующими способами: без предварительного рыхления (в породах до IV категории и немерзлых); с предварительным рыхлением с помощью ВВ (для пород выше IV категории и мерзлых). Уборка породы производится одним из следующих способов: 1 – вручную; 2 – скреперами; 3 – экскаваторами.

Таблица 1.3

## Значения угла естественного откоса горных пород

Породы	Угол естественного откоса при состоянии горной породы, град		
	сухом	влажном	мокроем
Глина	40–45	25–35	15–25
Гравий	35–45	25–35	–
Растительный слой	40	35	–
Песок мелкозернистый	28–30	35	25
Песок крупнозернистый	30–35	35–40	25–35
Суглинок	20–40	15–20	20–25
Нарушенные скальные породы	55–70	–	–
Крепкие скальные породы	60–85	–	–

Признавая важность экономического фактора, следует также учитывать качество пройденной выработки с точки зрения получения достаточной надежности и полноты геологической информации, а также возможности сохранения и последующей рекультивации земной поверхности. Примерное распределение объемов проведения канав различными способами, %: бульдозерами – 20; экскаваторами – 4; канавокопателями – 0,5; скреперными установками – 0,5; вручную – 20; взрывом на рыхление и взрывом на выброс – 45. Все траншеи проводились бульдозерами и экскаваторами.

Ручной способ проведения канав чаще всего используют на стадиях региональных геолого-съёмочных работ и поисков, харак-

теризующихся специфическими условиями производства работ. Его применение наиболее рационально при сравнительно небольших объемах работ, большой разбросанности объектов и труднодоступности для машин.

При глубине канавы до 1,5–2 м породу выбрасывают из забоя непосредственно на поверхность, при больших глубинах – на берму вышерасположенного уступа с последующей перекидкой ее на следующую берму или на поверхность.

С целью сокращения объема выемки при недостаточной устойчивости пород (выемка при ручном способе особенно малопродуктивна и трудоемка) применяют крепление канав. Крепь возводится на каждом небольшом участке канавы, пройденном на всю глубину. Основные виды крепи канав приведены на рис. 1.46.

Простейшей конструкцией крепи являются распорки (рис. 1.46, а), применяют этот вид в сравнительно устойчивых породах при необходимости сохранения выработки на длительное время.

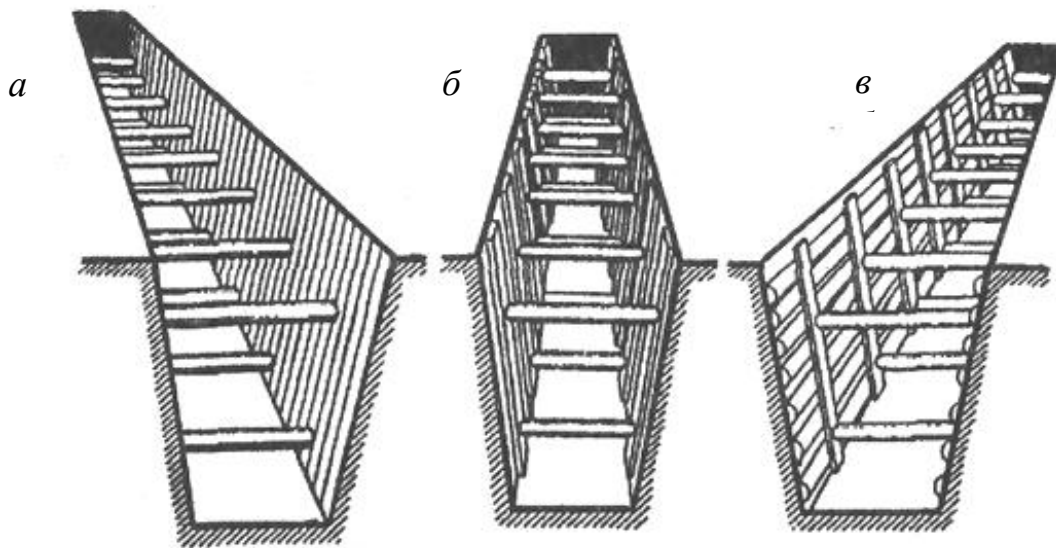


Рис. 1.46. Основные виды крепи разведочных канав: а – распорки; б – распорки со стойками; в – распорки со стойками и затяжкой

Канавы, пройденные в неустойчивых породах, крепят рядами распорок, устанавливаемых между опорными стойками (рис. 1.46, б) или досками. При весьма неустойчивых породах или значительной их обводненности к распоркам и стойкам добавляют затяжки из горбылей (рис. 1.46, в), укрепляющие стенки выработки.

*Разведочный копуш* – наиболее простая открытая геологоразведочная выработка, проходима обычно для вскрытия выходов коренных пород и полезных ископаемых путем удаления перекрыва-

ющего их маломощного слоя рыхлых отложений. По существу – это неглубокая выемка, выполняемая, как правило, вручную с целью возможного обнажения и последующего изучения коренных пород.

### 1.3.6. Схемы проведения разведочных траншей

Разведочные траншеи проводятся по простиранию или вкрест простирания полезных ископаемых для предварительной разведки, установления качества и технологических свойств полезного ископаемого, для отбора представительных лабораторных проб. Форма поперечного сечения траншей трапецевидная: ширина по почве 2–3,5 м, глубина до 6–8 м [5, 6].

#### *Технология проходки траншей экскаваторами*

Применяются следующие схемы работы экскаватора при проходке разведочных траншей: с разгрузкой в отвал на борт траншеи (рис. 1.47); с разгрузкой в автомобили, находящиеся на верхней площадке борта траншеи; с разгрузкой в автомобили, находящиеся на горизонте установки экскаватора.

Наибольшая производительность достигается при разгрузке в отвал, так как в этом случае нет простоев экскаватора, связанных с ожиданием транспортных средств.

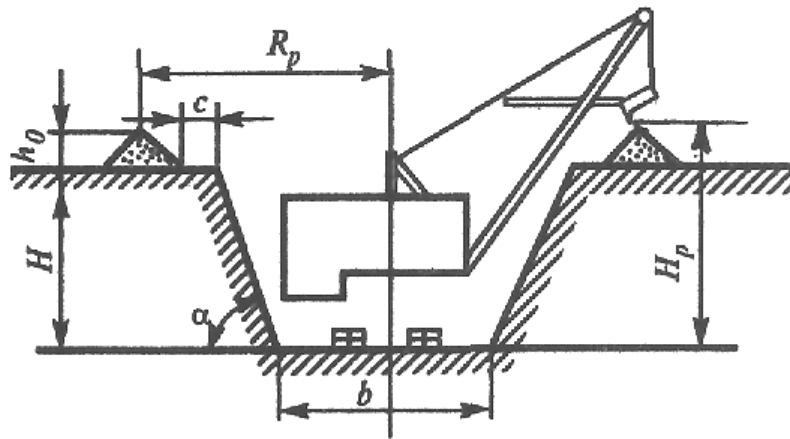


Рис. 1.47. Схема работы экскаватора с разгрузкой породы на борт траншеи

При проведении траншеи механической лопатой с разгрузкой в отвал на уступ должна быть выдержана следующая зависимость:

$$H_p \geq H + h_0$$

при

$$R_p = b/2 + h_0 \operatorname{ctg} \gamma + c + H \operatorname{ctg} \alpha,$$

где  $H_p$  – высота разгрузки экскаватора, м;  $H$  – глубина траншеи, м;  $h_0$  – высота отвала, м;  $R_p$  – радиус разгрузки экскаватора при максимальной высоте разгрузки, м;  $\gamma$  – угол естественного откоса пород;  $\alpha$  – угол наклона борта траншеи.

При проведении траншей с погрузкой в автомобили, расположенные на уступе, должны соблюдаться зависимости:

$$H_{p\max} \geq H + h_0 + d;$$

$$b/2 = R_p - (c + H \operatorname{ctg} \alpha + h_0 \operatorname{ctg} \gamma),$$

где  $H_{p\max}$  – максимальная высота разгрузки экскаватора, м;  $c$  – расстояние от бровки траншеи до оси автомобиля-самосвала, м;  $h_0$  – высота борта автомобиля-самосвала, м;  $d$  – зазор между открытым днищем ковша и верхней кромкой борта машины;  $b$  – ширина траншеи по дну, м.

#### *Технология проходки траншей бульдозерами*

Бульдозеры применяют при работах в породах до IV категории без предварительного рыхления. В породах более высоких категорий и мерзлых породах – с предварительным рыхлением. Толщина и длина снимаемого слоя породы зависит от свойств породы, мощности трактора и размеров отвального щита.

Возможны следующие варианты проведения траншей.

1. При проведении траншей протяженностью 10–20 м грунт снимается и перемещается в одном направлении до противоположного конца траншеи и оставляется в отвале. После этого задним ходом бульдозер возвращается в исходное положение и цикл выемки повторяется.

2. При проведении траншей большей протяженности грунт снимается и перемещается в двух направлениях. Бульдозер снимает и перемещает породу в двух направлениях, оставляя породу в торцевых или боковых отвалах.

#### *Технология проходки траншей буровзрывным способом*

Скважины (шпуры) рекомендуется располагать с учетом углов откосов бортов. Для траншей с крутыми откосами (рис. 1.48, а) две скважины размещают на нижних бровках откосов бортов, другие распределяют равномерно по поперечному сечению. Для улучшения сохранности откосов крайние скважины можно бурить наклонными (рис. 1.48, б) к плоскости борта.

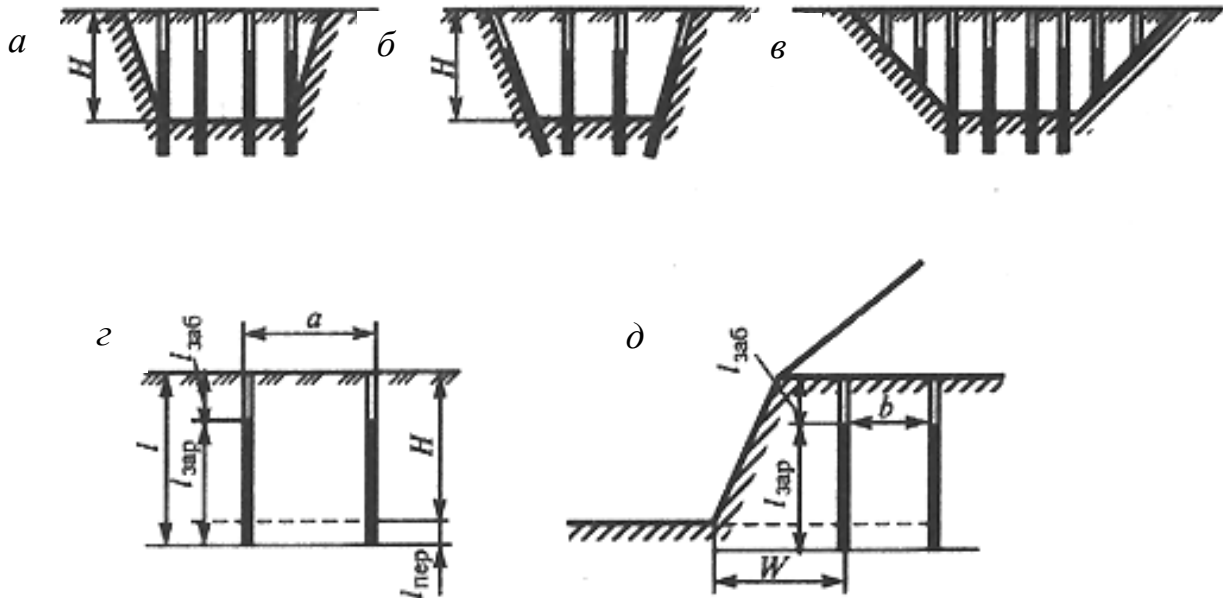


Рис. 1.48. Схемы расположения взрывных скважин (шпуров) при проведении траншей: *а* – с крутыми откосами; *б* – с наклонными скважинами в бортах; *в* – с пологими откосами; *г* – параметры шпуровой отбойки; *д* – расположение скважин на уступе

В траншеях с пологими откосами бурят неглубокие скважины (шпуры) с шагом, равным расстоянию между основными скважинами (рис. 1.48, *в*). Расположение скважин на уступе показано на рис. 1.48, *д*.

## 2. ГОРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

### 2.1. Типы и типоразмеры бурильных машин

Наращивание в Кузбассе объемов подземной добычи угля и железной руды требует, соответственно, увеличения темпов проведения разведочных горных выработок в породах крепостью  $f = 6 - 20$ . Для этих целей в Кузбассе широко используется буровзрывной способ, который в настоящее время ориентирован на использование бурильных машин: перфораторов и шахтных установок типа УБШ. Название первых произошло от латинского слова «perfrare», что в переводе означает пробуривать. Перфораторами и машинами УБШ бурят отверстия (шпуры, скважины) в крепких породах, в которых размещают заряды взрывчатых веществ [7].

В качестве привода перфораторов и вращательно-ударных головок машин УБШ применяют двигатели, использующие пневмо-



или гидроэнергию. Перфораторы небольшой мощности (переносные ПП и телескопные ПТ) имеют, как правило, пневматическое исполнение. К сожалению, повышение мощности пневматических перфораторов (ПК, ГБП) вызывает резкий рост их размеров и массы, требует увеличения диаметров цилиндров, усложнения конструкции, а также приводит к снижению стойкости инструмента. В этом отношении пневмоэнергия для мощных перфораторов и головок машин УБШ оказалась не перспективной. Гидравлический перфоратор (ГБГ) при равных размерах и массе с пневматическим позволяет подвести к буровому инструменту в 2–3 раза большую мощность, повысить производительность бурения, уменьшить уровень шума (на 5–15 дБ), снизить расход энергии в 3–5 раз, повысить коэффициент полезного действия процесса передачи энергии удара по буровой штанге и тем самым стойкость инструмента.

В зарубежной практике известны гидроперфораторы с энергией удара 180–500 Дж и технические проекты на энергию в 800–1000 Дж. Современные гидравлические перфораторные головки нашли широкое применение на бурильных машинах вращательно-ударного и ударно-вращательного бурения.

### **2.1.1. Классификация и назначение пневматических перфораторов**

Перфоратор представляет собой бурильную машину, автоматически наносящую удары по торцу буровой штанги и предназначен для бурения шпуров в крепких породах с  $f = 6–20$ . По принципу работы перфораторы разделяют на ударно-поворотные и вращательно-ударные.

К ударно-поворотным перфораторам относят те, у которых вращение буровой штанги осуществляется за счет энергии поршня-ударника при обратном или прямом ходе. Крутящий момент в ударно-поворотных перфораторах незначительной величины, а мощность вращения, как правило, составляет не более 15 % ударной мощности.

К вращательно-ударным перфораторам относят машины с непрерывным вращением буровой штанги с помощью отдельного двигателя. Такие машины часто называют перфораторами с независимым вращением. Вращательная мощность перфораторов с независимым вращением составляет не менее 15 % ударной мощности.

По конструкции воздухораспределительного устройства различают перфораторы с золотниковым, мотыльковым, клапанным и бесклапанным распределением.

По способу пылеподавления и очистки шпура от буровой мелочи различают перфораторы: с промывкой забоя шпура водой или эмульсией (центральной или боковой); с отсосом пыли; продувкой сжатым воздухом. В зависимости от условий применения и конструкции пневматические перфораторы подразделяют на переносные, колонковые и телескопные.

#### *Переносные перфораторы*

Переносные перфораторы (ПП) ГОСТ Р 51246–99, ГОСТ Р 51681–2000 предназначены для бурения шпуров диаметром 32–46 мм с пневматических поддержек или других подающих устройств при проведении горных выработок и добыче полезных ископаемых в породах с  $f = 6–20$ . Техническая характеристика переносных перфораторов при давлении воздуха в сети 0,5 МПа приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

#### Техническая характеристика переносных перфораторов

Параметры	Перфоратор			
	ПП36	ПП50	ПП54	ПП63В
Масса, кг, не более (со средствами шумовиброзащиты)	24	30	32	35
Энергия удара, Дж, не менее	36	50	54	63
Частота ударов, с <sup>-1</sup> , не менее	38,3	34	38,3	30
Крутящий момент, Нм, не менее	18	20	26,5	26,5
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	2,6	3,2	4	5
Уровень звука, дБ	111	111	112	113

Пневматические переносные перфораторы имеют массу 22–36 кг, применяются с установочно-подающими пневматическими однопоршневыми поддержками (П-I, П-II, П-III) и представляют собой легкую бурильную машину. Исключение составляют тяжелые перфораторы типа ПП63В (масса 35 кг), которыми работают вручную при нисходящем бурении. При этом вес перфоратора играет положительную роль – способствует прижатию бурового инструмента к забою, что уменьшает мускульные усилия бурильщика.

В горной промышленности используют следующие типы переносных перфораторов: ПП36В, ПП50В1, ПП54В1, ПП54ВБ1,

ПП63В, ПП63ВБ, ПП63С, ПП63П, ПП63СВП, ПП60НВ (диаметр шпура от 32 до 46 мм, глубина от 2 до 4 м), ПП80НВ (диаметр скважины до 46 мм, глубина до 9 м) и ПП76В (диаметр скважины от 40 до 65 мм, глубина до 12 м).

Обозначения перфораторов расшифровываются таким образом: ПП – перфоратор переносной; 36, 50, 54, 63 – энергия удара, Дж; В – пылеподавление водой с осевой промывкой; 1 – перфоратор с осевой промывкой, подвергавшийся первой модернизации; Б – боковая промывка; С – усиленная продувка; П – пылеотсос; СВП – пылеподавление горячим воздухом.

Для предотвращения вредного воздействия пыли на организм человека в абсолютном большинстве перфораторов осуществляется пылеподавление водой.

В перфораторах ПП36В, ПП50В1, ПП54В1, ПП63В применяется центральная подача воды в осевой канал буровой штанги.

Перфораторы ПП54ВБ1 и ПП63ВБ имеют боковой подвод воды в буровую штангу с помощью специальной муфты, установленной в конце ствола молотка после поворотной буксы.

При отсутствии или дефиците воды применяют перфораторы ПП63П с центральным пылеотсосом. Для этой цели используют пылесборники ВНИИ 64РД. Для вечномерзлых россыпей используют перфоратор ПП63СВП, при работе которого шпуры очищаются горячим воздухом. Для нагрева воздуха, используемого для продувки на перфораторе, имеется специальная приставка.

#### *Колонковые перфораторы*

Колонковые перфораторы (ПК) ГОСТ Р 52443–2005 устанавливают на распорных колонках или манипуляторах горных машин.

Таблица 2.2

Техническая характеристика колонковых перфораторов

Параметры	Перфоратор			
	ПК-60	ПК-75	ПК-150	ПК-175
Масса, кг	60	75	150	175
Энергия удара, Дж	88	167	196	245
Частота ударов, с <sup>-1</sup>	41,7	33,4	30	30
Крутящий момент, Нм	157	246	343	343
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	8,6	13	15	17
Уровень звука, дБ	113	112	112	112
Глубина бурения, м, не более	15	25	50	50
Диаметр скважины, мм	40–65	40–85	65	85

Перфораторы этого типа предназначены для бурения скважин и шпуров в крепких породах диаметром не более 85 мм и глубиной не более 50 м. В породах крепостью  $f = 6 - 20$  широко применяются колонковые перфораторы типа ПК, техническая характеристика которых приведена в табл. 2.2.

#### *Телескопные перфораторы*

Телескопные перфораторы (ПТ) ГОСТ Р 52443–2005 конструктивно представляют собой единое целое перфоратора и поршневого (гидравлического, пневматического) механизма подачи, осуществляющего автоматическую подачу перфоратора на забой в процессе бурения. Техническая характеристика телескопических перфораторов приведена в табл. 2.3.

Перфораторы этого типа (ПТ-29, ПТ-36, ПТ-38, ПТ-45К, ПТ-48) применяют для бурения восстающих шпуров и скважин в породах крепостью  $f = 6 - 20$ .

Таблица 2.3

#### Техническая характеристика телескопных перфораторов

Параметры	Перфоратор	
	ПТ-38	ПТ-48
Масса, кг	38	48
Энергия удара, Дж	44	78,5
Частота ударов, $c^{-1}$	38,4	38,4
Крутящий момент, Нм	20	30
Расход воздуха, $m^3/мин$	3,2	5,8
Уровень звука, дБ	113	115
Глубина бурения, м, не более	4	15
Ход подачи, м	0,65	0,65

Типы пневматических перфораторов и способы установки их в забое представлены на рис. 2.1.

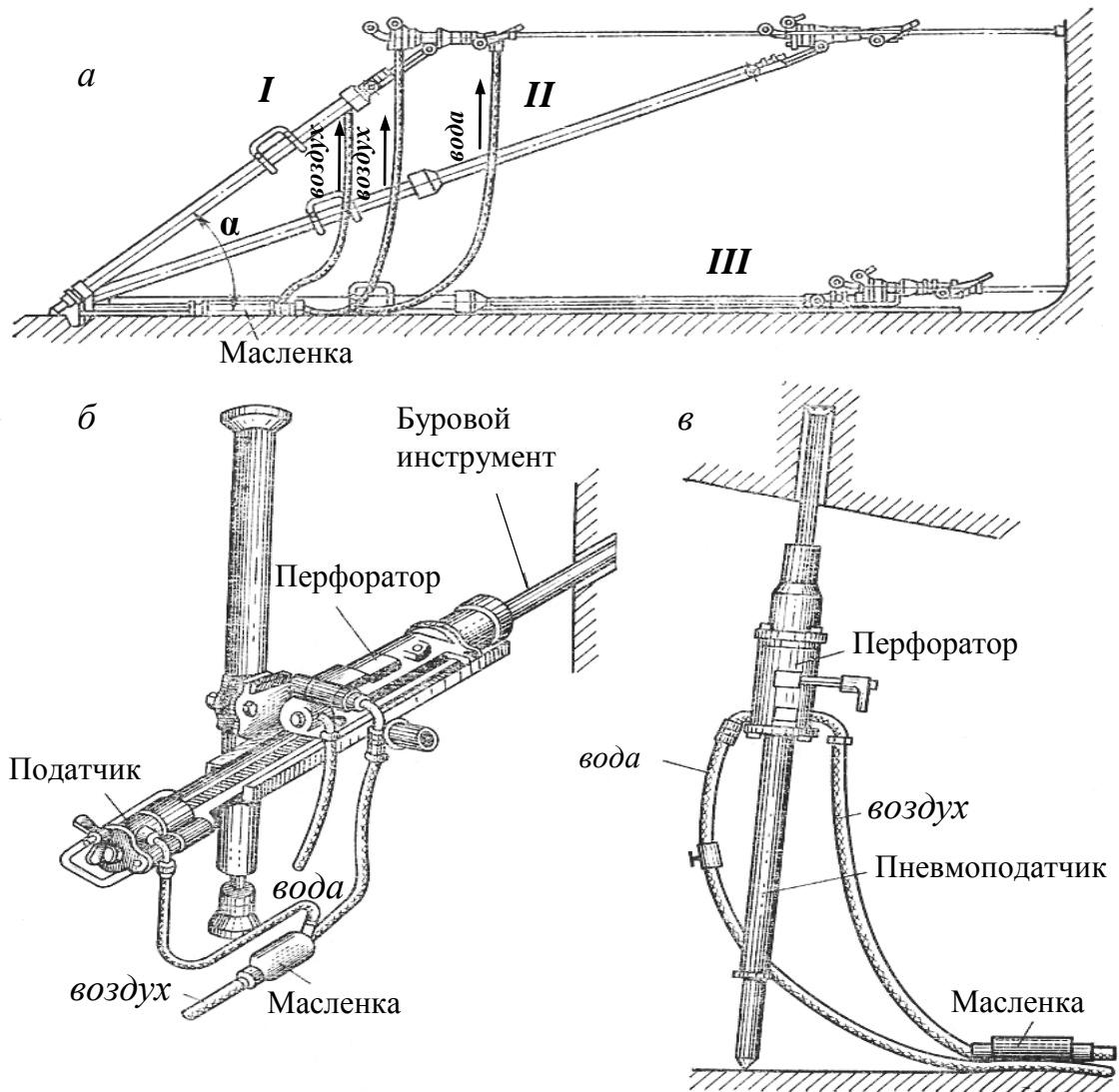


Рис. 2.1. Типы пневматических перфораторов и способы установки их в забое: *а* – переносные ПП; *б* – колонковые ПК; *в* – телескопные ПТ

### 2.1.2. Классификация и назначение бурильных машин типа УБШ

Шахтные бурильные установки предназначены для бурения шпуров вдоль оси выработки, в кровлю, бока и почву выработки. При выборе типоразмера машины основными критериями являются площадь сечения выработок, крепость буримых пород, расстояние от оси шпура до стенки выработки. Бурильные машины для бурения шпуров в забое выработки называются фронтальными, а в кровле и стенках (для анкерного крепления) – радиально-фронтальными. По способу бурения машины могут быть вращательного, вращательно-ударного или ударно-вращательного действия. По ходовому механизму их классифицируют на колесно-рельсовые, гусеничные и пневмоколесные (шинные) [8].

Размеры горных выработок являются определяющими при выборе одного из шести типоразмеров бурильных машин УБШ (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Параметры зоны бурения

Типоразмер бурильной машины	Зона бурения, м	
	Высота	Ширина
УБШ-1	2,0	2,2
УБШ-2	2,5	3,3
УБШ-3	3,6	4,5
УБШ-4	5,0	6,0
УБШ-5	7,0	8,4
УБШ-6	10,0	9,4

Для улучшения маневренности машин их в последнее время стали выпускать на пневмоколесном ходу с дизельным приводом. Бурильные машины типа УБШ имеют количество гидрофицированных манипуляторов от одного до трех в зависимости от объемов бурения и сечения выработки. Машины типа УБШ могут оснащаться вращательными (УБШ-210А и др.), вращательно-ударными (УБШ-121, УБШ-207, УБШ-208, УБШ-302, УБШ-303, УБШ-401 и др.), а также ударно-вращательными бурильными головками (УБШ-321, УБШ-322, УБШ-406 и др.). Тип головки определяется в основном крепостью породы. Машины с вращательными головками применяются в породах крепостью до  $f = 8$  и реализуют в процессе разрушения породы забоя шпура энергию двигателя, вращающего инструмент. В породах большей крепости в конструкции бурильной машины обязательно присутствует ударный узел, который реализует энергию ударного импульса для разрушения породы.

### 2.1.3. Устройство пневматических перфораторов

#### *Конструкция переносных перфораторов*

Конструкции современных переносных перфораторов ударно-поворотного действия состоят из следующих основных узлов: корпуса; ударно-поворотного механизма; воздухораспределительного устройства; механизма управления; устройства для пылеподавления и очистки шпура от продуктов разрушения, образующихся при бурении [7, 8].

Устройство и принцип работы переносного перфоратора рассматриваются на примере перфоратора ПП63В (рис. 2.2).

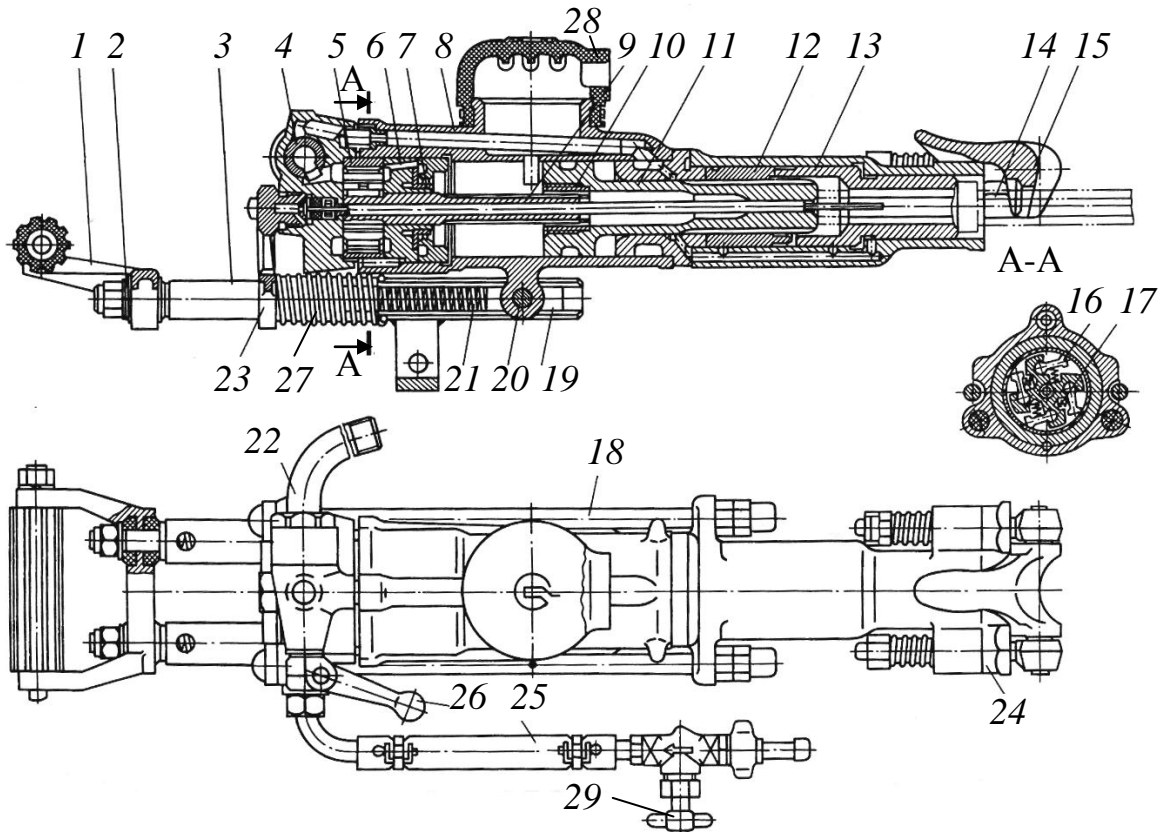


Рис. 2.2. Переносной перфоратор ПП63В

Поршень-ударник *11* под действием сжатого воздуха, попеременно поступающего с той или другой стороны поршневой части, совершает возвратно-поступательное движение в цилиндре *8*. В конце рабочего хода поршень-ударник наносит удар по торцу хвостовика буровой штанги *14*, вставленной в шестигранное гнездо поворотной буксы *13*. При обратном ходе с помощью поворотного механизма поршень-ударник и сопряженные с ним поворотные буксы *12* и *13*, а также и буровая штанга поворачиваются на некоторый угол. Изменение направления подачи сжатого воздуха в перфораторе автоматическое с помощью клапана *7*, помещенного в клапанную коробку *6*. Ударно-поворотный механизм работает следующим образом: в головку поршня-ударника ввернута геликоидальная гайка *10* (левая резьба), имеющая внутренние спиральные шлицы. Эта гайка сопряжена с геликоидальным стержнем *9*, имеющим наружные спиральные шлицы (правая резьба). В головке геликоидального стержня, помещенной в храповой буксе *5* с внутренними зубцами, размещены собачки *16*, прижатые к буксе *5* пружинами *17*. При ра-

бочем ходе (рис. 2.2 слева направо) поршня-ударника геликоидальный стержень, сопряженный с геликоидальной гайкой поршня-ударника, поворачивается на некоторый угол, а поршень-ударник нет. При обратном ходе поршня-ударника собачки, упираясь в зубцы храповой буксы 5, препятствуют повороту геликоидального стержня, вследствие чего поворачивается сам поршень-ударник и вместе с ним поворотная букса и буровая штанга. Пуск перфоратора в работу производится рукояткой 26. Сжатый воздух от воздушного рукава подается в перфоратор по патрубку 22 через воздушный кран 4. Воздушный кран перфораторов с осевой промывкой имеет четыре фиксированных положения: «Полная работа», «Забуривание», «Стоп» и «Интенсивная продувка». В трубопроводе 25 предусмотрен вентиль 29 для регулировки расхода воды. Перфоратор снабжен виброгасящим устройством, которое состоит из сварной рамы, представляющей собой две трубы 3, скрепленные кронштейном с отверстием для присоединения пневмоподдержки. В трубах помещены рабочие пружины 21 и ползуны 19, через которые передается усилие подачи от пневмоподдержки к перфоратору. Снаружи на трубах 3 установлены вспомогательные пружины 27, предназначенные для гашения вибрации при извлечении буровой штанги из шпура. Виброгасящее устройство устанавливается на перфораторе с помощью оси 20, вставленной в отверстие прилива цилиндра 8, и направляющего кронштейна 23, установленного под головки стяжных шпилек 18. Кронштейн рукоятки 1 виброгасящего устройства изолирован от рамы эластичными кольцами 2.

Перфоратор снабжается буродержателем 15, предназначенным для предотвращения самопроизвольного выпадания хвостовика буровой штанги из шестигранного гнезда поворотной буксы при бурении и извлечении буровой штанги из шпура. Для фиксации буродержателя введены съемные шестигранные упоры 24, обеспечивающие возможность их многократного использования.

Глушитель шума 28 выполнен из резины и представляет собой камеру, которая надета на выхлопную горловину цилиндра 8. Глушитель может быть повернут вокруг оси в удобное для бурильщика положение. Он снижает уровень шума почти в 1,5 раза.

#### *Конструкция колонковых перфораторов*

Такое наименование перфораторов связано с винтовыми распорными колонками, на которых устанавливались податчики этих



перфораторов. Колонковые перфораторы являются более мощными и тяжелыми, чем переносные и телескопные и используются также в качестве вращательно-ударных бурильных головок машин типа УБШ.

Устройство колонкового перфоратора рассматривается на примере перфоратора ПК60 (рис. 2.3).

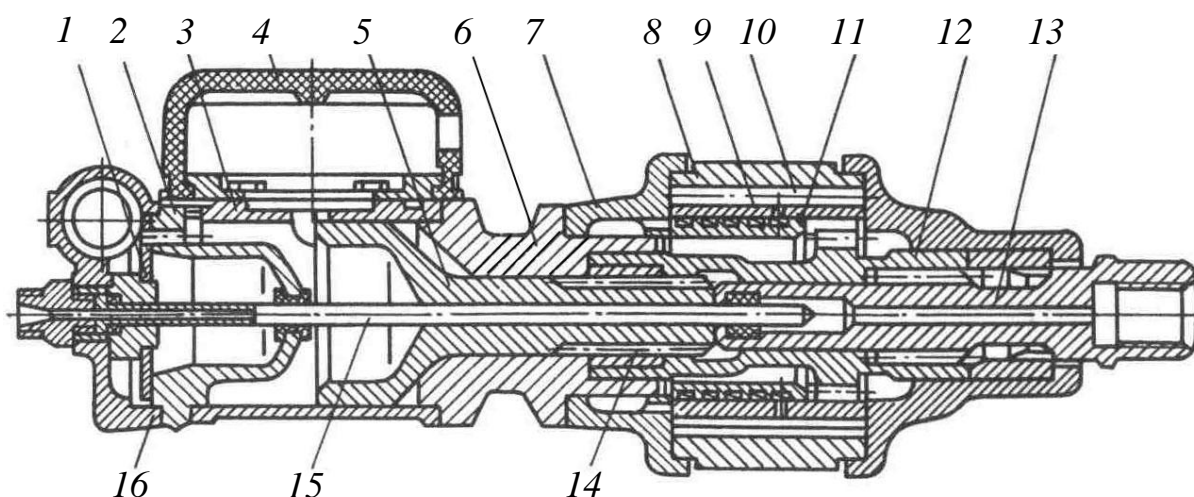


Рис. 2.3. Колонковый перфоратор ПК60

Колонковые перфораторы ПК60 и ПК75 работают по принципу вращательно-ударных бурильных машин, имеющих независимое вращение буровой штанги, и включают: ударный механизм и вращатель. Ударный механизм состоит из цилиндра 3, поршня-ударника 5, который совершает возвратно-поступательное движение в цилиндре 3 под действием сжатого воздуха. Изменение направления подачи сжатого воздуха для рабочего и холостого ходов поршня-ударника осуществляется автоматически с помощью мотылькового клапана 1, сопряженного с клапанной коробкой 2. В конце рабочего хода поршень-ударник 5 наносит удар по хвостовику 13, который резьбовым соединением связан с буровой штангой. Воздух к ударному механизму подводится через головку 16, которая одновременно является крышкой цилиндра 3. Вращатель представляет собой гипоциклоидный пневматический двигатель, состоящий из трех основных частей: статора 8, ротора 9 и шпинделя 12. Специальных опор у ротора 9 нет, и он свободно опирается на зубья статора, а в осевом направлении его перемещение ограничено крышками 7. Суммарный осевой зазор между ротором и статором

составляет 0,03–0,05 мм. Ротор снабжен жестким золотником 11, на внешнем диаметре которого имеются винтовые глухие канавки, начало и конец которых смещены на 90°. Число спиральных канавок равно числу впадин, образованных зубьями ротора. Статор 8 представляет собой шестерню с внутренними зубьями в виде поворачивающихся роликов 10. Ротор 9 выполнен в виде шестерни с наружными круглыми зубьями и свободно «плавает» в статоре 8. На внутренней поверхности ротора имеются шлицы, входящие в сопряжение с зубьями шпинделя 12. Для уменьшения вероятности заклинивания поршня-ударника в цилиндре его шток имеет шлицевое сопряжение 14 со шпинделем и, таким образом, помимо возвратно-поступательного совершает вращательное движение. Снижение аэродинамического шума обеспечивается глушителем 4. Осевая трубка 15 предназначена для подачи промывочной воды. Через направляющую втулку 6 и крышку 7 ударный механизм соединяется с вращателем стяжными шпильками.

Сжатый воздух к ударному и вращательному механизмам подводится отдельно по рукавам к их патрубкам, что позволяет оперативно регулировать их мощность. От патрубка вращателя воздух поступает в кольцевую камеру крышки вращателя, периодически взаимодействующую по мере обкатывания ротора 9 по статору 8 с винтовыми канавками золотника 11. Пройдя винтовые канавки золотника, через радиальные отверстия статора воздух поступает в рабочую камеру, образованную зубьями статора и ротора. Реверсирование вращателя в перфораторах ПК60 и ПК75 происходит вследствие изменения подвода воздуха к передней или задней полости вращателя. Регулирование частоты вращения производится путем дросселирования сжатого воздуха.

#### *Конструкция телескопных перфораторов*

Название данного типа перфораторов указывает на объединение в их конструкции перфоратора и поршневого податчика-телескопа, осуществляющего автоматическую подачу машины на забой во время бурения. Телескопные перфораторы подразделяются на одностоечные и двухстоечные.

Конструкция телескопных перфораторов так же, как и переносных, основана на ударно-поворотном принципе действия с клапанной системой воздухораспределения и задним расположением механизма поворота буровой штанги. В отличие от переносных те-

лескопные перфораторы отечественного производства не имеют буродержателя.

Телескопный перфоратор ПТ48А (рис. 2.4) состоит из стакана *1*, корпуса *3* и расположенного соосно с ним телескопного податчика *6*. Воздухораспределение осуществляется плоским кольцевым клапаном *17*. Ударно-поворотный механизм включает в себя храповой механизм *16*, геликоидальный стержень *18* и поршень-ударник *20* со штоком *23* и геликоидальной гайкой *19*. Поворот буровой штанги происходит при обратном ходе поршня-ударника, сопряженного с буксой *24* посредством шлицевого соединения, которая, в свою очередь, с помощью двух кулачков сочленена с поворотной буксой *27*, снабженной шестигранным гнездом для хвостовика буровой штанги.

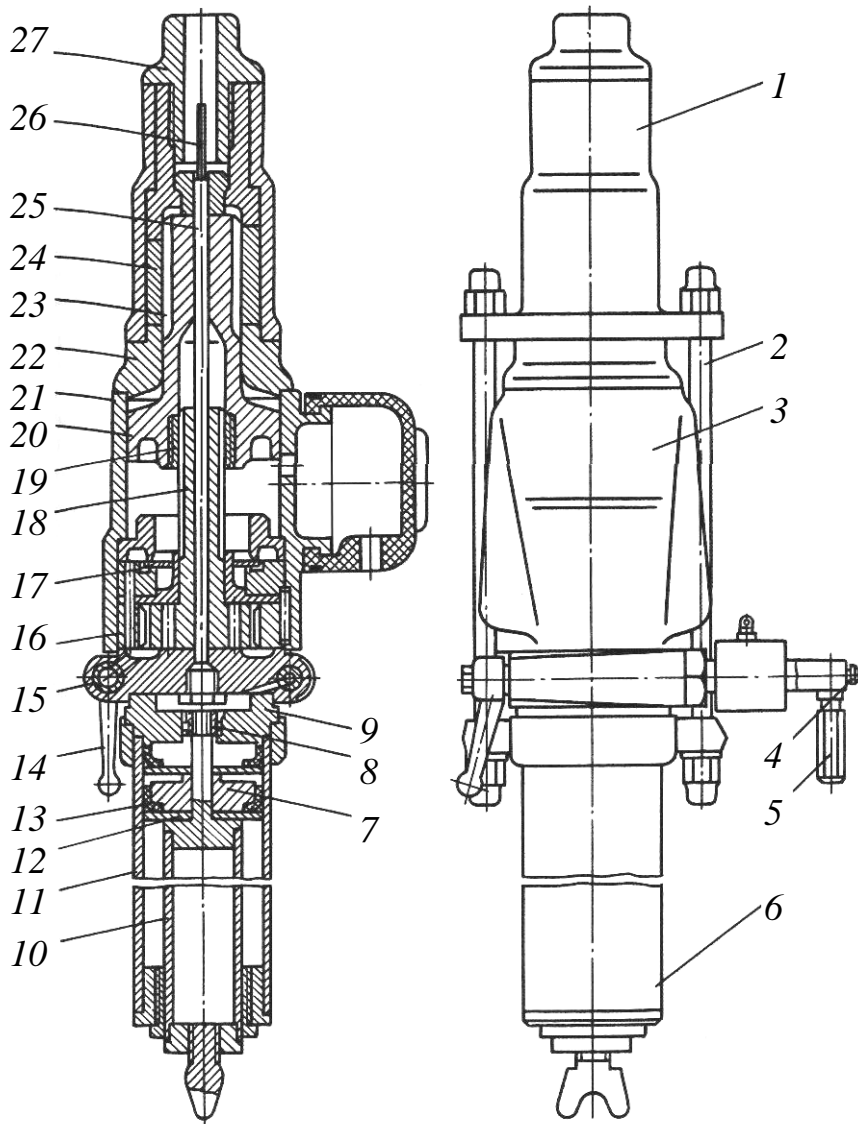


Рис. 2.4. Телескопный перфоратор ПТ-48А

Направляющая букса 22, являясь крышкой цилиндра 21, одновременно центрирует шток поршня-ударника. Телескопный податчик 6 состоит из цилиндра 11 и штока 10, на котором смонтирован поршень, состоящий из двух манжет 13, разделенных промежуточным 12 и нажимным 7 кольцами. В проточке гайки, крепящей детали поршня, установлен замок в виде разрезного пружинного кольца 8, входящего при крайнем вдвинутом положении штока 10 в посадочное гнездо промежуточной втулки 9. Замок служит для предотвращения самопроизвольного выдвигания штока при перемещениях перфоратора. Телескопный податчик 6 и перфоратор 3 соединяются между собой стяжными шпильками 2. В головке перфоратора смонтирован конусный пробковый кран 15, поворот которого в требуемое положение производится рукояткой 14. Кран 15 имеет четыре фиксированных положения: «Выключено», «Подъем телескопа», «Забуривание» и «Полная работа».

Сжатый воздух в податчик поступает по системе каналов от крана 15. Его блокировка обеспечивает автоматизацию работы податчика в процессе бурения. Усилие подачи телескопного податчика регулируется дистанционно с помощью рукоятки 5 и кнопки 4 экстренного сброса давления, соединенных с головкой перфоратора через рукав. Регулирование осуществляют за счет выпуска в атмосферу поступающего в податчик сжатого воздуха. Постоянная продувка с расходом воздуха 0,2–0,3 м<sup>3</sup>/мин осуществляется по зазору между наружной трубкой 25 и водяной трубкой 26.

#### **2.1.4. Вспомогательное и комплектующее оборудование**

К вспомогательному и комплектующему оборудованию для перфораторов можно отнести: пневмоподдержки, установочно-подающие устройства для переносных перфораторов, автомасленки, буровые штанги, соединительные муфты, хвостовики, соединения буровых штанг, буровые коронки, рукава для воздуха и воды, компрессорные установки, воздухопроводную сеть.

##### *Буровые штанги*

Буровые штанги предназначены для передачи ударного импульса от поршня-ударника перфоратора на забой шпура и крутящего момента буровой коронке. Буровые штанги бывают цельные и составные. Цельные буровые штанги (табл. 2.5) могут быть со стальной закаленной головкой и головкой, армированной твердым

сплавом. Наибольшее распространение получили составные буровые штанги (табл. 2.6) со съемными коронками, применение которых упрощает заточку инструмента. Применение цельных буровых штанг обеспечивает более высокую производительность вследствие меньших потерь при прохождении ударного импульса, так и за счет повышения надежности. Заточка цельных буровых штанг может осуществляться непосредственно в забое с помощью легких заточных станков, работающих на сжатом воздухе.

Благодаря отсутствию потерь энергии в конусном соединении коронки и штанги, применение цельных буровых штанг увеличивает скорость бурения на 20–30 %.

Составная буровая штанга имеет съемную коронку, присоединяющуюся с помощью конуса или резьбы. Наибольшее распространение получили конусные соединения с углом посадочного конуса  $7^\circ$ .

Таблица 2.5

## Цельные буровые штанги шестигранного профиля

Буровая штанга	Диаметр головки, мм	Длина, мм	Масса, кг
22-800-34	34	800	2,6
22-1600-33	33	1600	4,97
22-2400-32	32	2400	7,26
22-3200-31	31	3200	9,66

Таблица 2.6

## Составные буровые штанги

Буровая штанга	Размер под ключ, мм	Диаметр посадочного конуса, мм	Длина хвостовика, мм	Длина штанги, мм	Масса, кг	Назначение
БШ25	25	25	108	700–4300	2,8–17	Переносные перфораторы
БШ22	22	22	108	700–4300	2,2–14	Телескопные перфораторы
БШТ25	25	25	–	600–3400	2,2–13	

Размеры хвостовиков буровых штанг и гнезд для переносных перфораторов регламентированы по ГОСТ 11446–75.

Буровые штанги изготавливают из инструментальных сталей марок 55С2 (ГОСТ 14959–79), 95ХМА, 18ХГТ, 28ХН3М поверхность которых упрочняется. Особенно упрочняют хвостовик штанги. Его твердость должна составлять 45–50 HRC.

Для ручных перфораторов применяют шестигранные буровые штанги с размером 19, 22 и 25 мм между параллельными гранями.

Для колонковых перфораторов используют штанги круглого сечения диаметром 28, 32 и 38 мм.

При бурении взрывных скважин диаметром до 70 мм и глубиной до 50 м распространены составные буровые штанги круглого сечения диаметром 28, 32 и 38 мм.

Коронка соединяется со штангой посредством резьбы или гладкого конуса с углом наклона  $3^{\circ}31'$ . Последнее более удобно при съеме и установке коронки.

#### *Соединительные муфты*

Соединительные муфты для буровых штанг пневматических и гидравлических перфораторов рекомендуется изготавливать из высоколегированных сталей марок 12ХНЗА, 40ХМА и др. Твердость материала муфты должна быть не менее HRC<sub>45</sub>.

Муфты рукавного типа со сплошной резьбой по всей длине обычно применяют для перфораторов с энергией удара до 150–200 Дж. Преимущества этого типа муфт – небольшая стоимость и высокая прочность из-за отсутствия ступеней и переходов; недостаток – возможность перемещения по штанге.

Для пневматических и гидравлических перфораторов с энергией удара до 250 Дж наиболее целесообразно применение муфт с центральной проточкой полумостового типа, а для мощных перфораторов – мостового типа. Завинчивание и развинчивание муфт полумостового и мостового типов требует меньших усилий, чем с центральной проточкой. Кроме того, исключается их перемещение по штанге. Для повышения прочности и износостойкости муфты изготавливают из легированных сталей с цементацией и закачивают.

#### *Хвостовики*

Для мощных пневматических и гидравлических перфораторов применяют съемные хвостовики, соединяемые с буровой штангой с помощью внутренней и наружной резьб. Преимущества хвостови-

ков с наружной резьбой, соединяемых с буровой штангой с помощью муфты, – небольшие (1–2 %) потери энергии при прохождении ударной волны по хвостовику по сравнению с хвостовиками, имеющими внутреннюю резьбу, у которых потеря энергии удара достигает 10 %. Однако стойкость хвостовиков с внутренней резьбой намного выше, чем у хвостовиков с наружной резьбой.

Размеры хвостовиков буровых штанг для переносных перфораторов приведены на рис. 2.5.

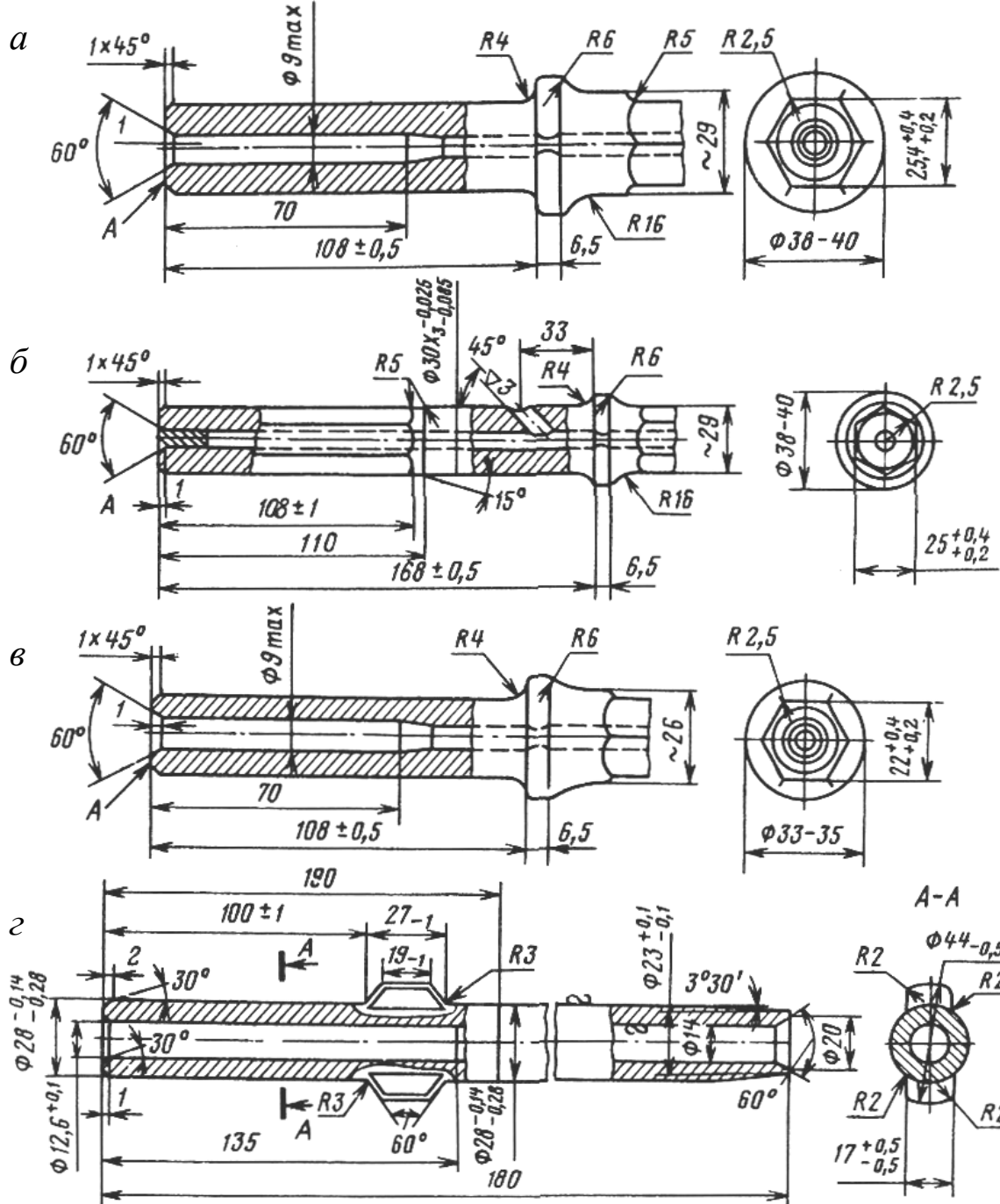


Рис. 2.5. Хвостовики буровых штанг перфораторов: а – ПП54В1, ПП63В, ПП63С; б – ПП54ВБ1, ПП63ВБ; в – ПП36В; г – ПП63П

Хвостовики различаются способом соединения с буровой штангой, геометрией и размерами собственно хвостовика, вставляемого в гнездо перфоратора, и расположением промывочного канала. Конусные хвостовики используют в перфораторах с энергией удара до 90 Дж, например БГА-1, БГА-1М. На более мощных перфораторах применяют резьбовые хвостовики. Хвостовики, вставляемые в гнездо перфоратора, изготавливают: с двумя кулачками, ширина которых меньше диаметра (тип Лейнера); с двумя кулачками, ширина которых равна диаметру хвостовика; с четырьмя кулачками; шлицевые.

По способу подвода воды различают хвостовики с осевой и боковой промывкой. Для осевой промывки имеется отверстие диаметром 8–19 мм, в котором устанавливают уплотнительную втулку. В зарубежной практике применяют расточку, в которую вставляют уплотнительную манжету, взаимодействующую с трубкой промывки перфоратора. Такая конструкция улучшает эффективность промывки и предотвращает проникновение воды внутрь перфоратора.

В хвостовике с боковой промывкой промывочный канал имеет диаметр 8–10 мм (при большем диаметре снижается прочность хвостовика). Это ограничивает их применение глубиной бурения до 15–18 м.

Хвостовики изготавливают из тех же марок сталей и по той же технологии, что и буровые штанги.

#### *Соединения буровых штанг*

Выбор соединения буровых штанг оказывает влияние на скорость бурения и в значительной мере определяет сменную производительность при бурении глубоких скважин составными штангами. В случае конусных соединений имеют место потери при передаче энергии удара (до 10 % при контакте торца штанги с коронкой и до 18,5 % при конусном сопряжении без контакта торцов).

Преимущество отдается резьбовым соединениям, обеспечивающим возможность бурения на глубину более 50 м. Соединения с упорной резьбой имеют высокую износостойкость за счет большой площади контакта сопряжения поверхностей по виткам, технологичны в изготовлении, работают с укороченной муфтой (100 мм). Недостаток упорных резьб – большое усилие развинчивания.

Круглая резьба имеет повышенную прочность благодаря плавным переходам витков. Подобные соединения легко развинчиваются



и свинчиваются благодаря большому углу подъема винтовой линии. Малая глубина круглой резьбы (1,5 мм) позволяет уменьшить диаметр соединительных муфт. К недостаткам круглой резьбы относят сложность изготовления элементов резьбы.

Трапецеидальная форма профиля резьбы имеет более высокую износостойкость по сравнению с круглой благодаря большим контактными площадкам и плотности соединения.

Круглоупорная резьба сочетает элементы круглой и упорной резьб и обладает следующими преимуществами: меньшее время на развинчивание бурового става; более высокую прочность резьбы и стойкость буровых штанг (на 30–35 % выше стойкости буровых штанг с круглой резьбой). Повышение прочности резьбы и буровых штанг достигнуто за счет увеличения площади резьбового сопряжения. Круглоупорная резьба более сложна в изготовлении. Потери энергии удара и стойкость муфт зависят от шага резьбы. Оптимальным считается шаг, равный 8–14 мм.

На эффективность работы резьбовых соединений влияют профиль резьбы и диаметр штанг, наружный диаметр и форма соединительной муфты, допуски, размеры и шероховатость резьбы и другие параметры, от которых зависят износостойкость и прочность, а также потери энергии при передаче удара от перфоратора к забою.

#### *Буровые коронки*

В горнодобывающих отраслях промышленности применяют главным образом составные буровые штанги со съемными коронками, армированными твердосплавными вставками. Буровые коронки для перфораторного бурения (ГОСТ 17196–77) изготавливают четырех типов, диаметром 32–85 мм, с конусным или резьбовым присоединительным отверстием. Коронки диаметром до 43 мм должны применяться с перфораторами с энергией удара не более 63,74 Дж, диаметром от 43 до 65 мм – с энергией удара не более 88,26 Дж, диаметром свыше 65 мм – не более 147,1 Дж. Типы и область применения коронок приведены в табл. 2.7 и на рис. 2.6.

Коронка перфоратора (рис. 2.6, а) состоит из корпуса 1 и пластинчатого или штыревого твердосплавного вооружения 3 из сплава марки ВК15. Для подачи воды к забою предусмотрено отверстие 2. Твердосплавное вооружение 3 – это либо пластинки, либо круглые стержни из твердого сплава марки ВК15 для пород  $f = 12$ , марок ВК8 и ВК8В – для пород с  $f = 10–12$ , марок ВК6 и ВК6В – для пород

с  $f = 10$ . Твердые сплавы представляют собой смеси порошков карбида вольфрама и кобальта, спеченные при высокой температуре и давлении. Цифра в марке твердого сплава указывает на содержание кобальта в процентах. Сплавы с малым содержанием кобальта обладают более высокой твердостью, но они и более хрупкие.

Таблица 2.7

Тип	Наименование	Характеристика породы
КДП	Долотчатые пластинчатые	Вязкие монолитные
ККП	Крестовые пластинчатые	Вязкие трещиноватые и абразивные
КТШ	Трехперые штыревые	Хрупкие монолитные и трещиноватые
КНШ	Неперетачиваемые штыревые	Хрупкие абразивные

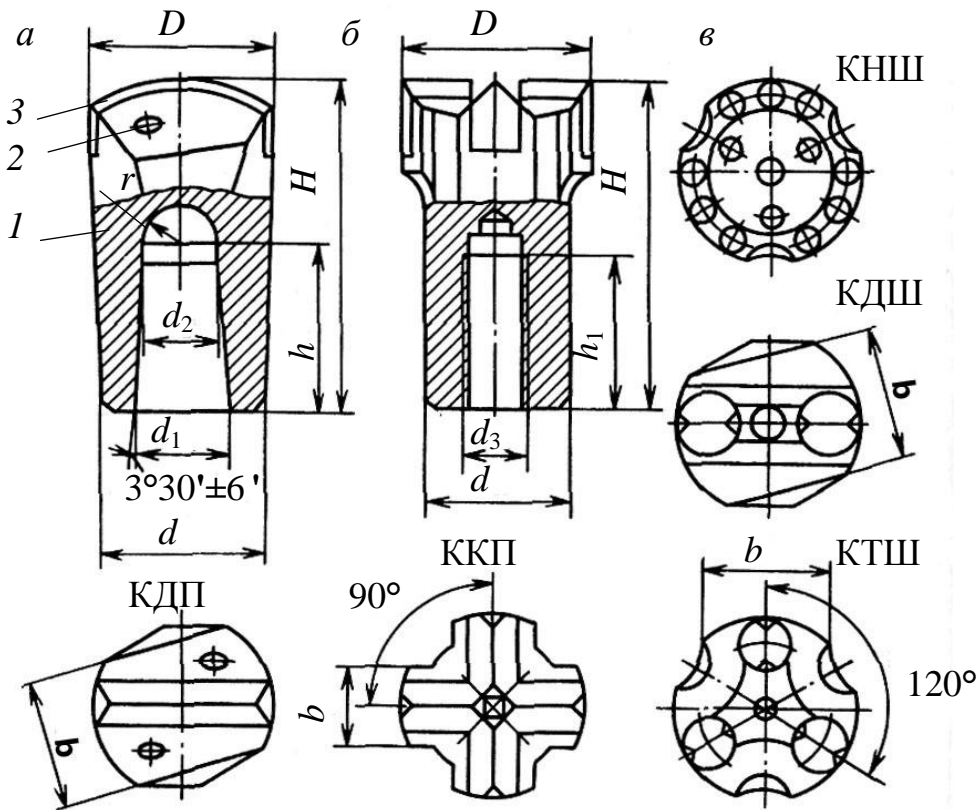


Рис. 2.6. Буровые коронки: *a* – с конусным отверстием; *б* – с резьбовым отверстием; *в* – вид с торца типов КДП; ККП; КНШ; КДШ; КТШ (размеры, мм:  $D$  – диаметр головки,  $d$  – диаметр корпуса,  $d_3$  – диаметр резьбы,  $H$  – высота коронки,  $h_1$  – длина резьбы,  $b$  – толщина лезвия)

Долотчатые коронки с прямоугольными твердосплавными вставками в виде пластинок применяют для бурения крепких и вязких пород, крестовые пластинчатые рекомендуются для крепких трещиноватых пород. Штыревыми коронками (КДШ) бурят шпуры в трещиноватых породах средней крепости.

Для бурения скважин диаметром более 65–70 мм и больше вместо крестовой формы головки применяют Х-образную, которая лучше обеспечивает круглое сечение скважины.

Пример условного обозначения коронки типа КТШ размерами  $D = 52$  мм,  $d_3 = 31$  мм с круглой резьбой: КТШ 52-31К ГОСТ 17196–77. То же, размерами  $D = 52$  мм,  $d_3 = 31$  мм с круглоупорной резьбой: КТШ 52-31К КУ ГОСТ 17196–77.

Наибольшее распространение получили долотчатые коронки. Так, в рудной промышленности расходуется долотчатых коронок 79,5 %, крестовых 17 %, трехперых 3,5 %. Расход коронок различных диаметров составляет: диаметром 32–38 мм – 1,9 %, 40–46 мм – 89,3 % и 49 мм – 8,8 %. Коронки с резьбовым соединением имеют левую круглую резьбу (К) или левую круглоупорную резьбу (КУ).

Незатачиваемые штыревые коронки (одноразового действия) КНШ (КОШ) армируют цилиндрическими штырями твердого сплава с закругленной головкой. Срок использования таких коронок в 1,7–2 раза больше, чем у долотчатых. Они не требуют заточки, что позволяет бурить ими глубокие скважины без разборки бурового става для замены коронки. После прохода 150–300 м скважины рекомендуется шлифовать торцы вставок для удаления поверхностного слоя усталостных трещин. В противном случае трещины углубляются и приводят к излому твердого сплава.

Коронка считается затупленной, если она имеет притупление, равное 3 мм, на расстоянии 5 мм от внешнего края, или когда высота понижения угла пластины достигает 8 мм. При правильной эксплуатации коронка выдерживает до 10 заточек.

Все коронки, кроме коронок типа КНШ (КОШ), подлежат заточке после затупления.

Для коронок установлен следующий ряд наружных диаметров: 32, 36, 40, 43, 46, 52, 56, 60, 65, 70, 75, 85 мм.

### 2.1.5. Материалы для твердосплавного инструмента

В целях повышения износостойкости горных инструментов их режущую часть оснащают металлокерамическими, наплавочными твердыми сплавами. Соединение сплава с корпусом породоразрушающего инструмента должно быть достаточно прочным, так как большая разница в значениях коэффициентов термического расширения (в 2–4 раза) твердого сплава и стали корпуса приводит к возникновению при пайке (нагреве) термических напряжений, после охлаждения часто превосходящих предел прочности твердого сплава [9].

Для армирования породоразрушающего инструмента используют спеченные вольфрамкобальтовые сплавы марки ВК (табл. 2.8).

Таблица 2.8

#### Характеристика твердых сплавов

Марка сплава	Содержание основных компонентов, %		Физико-механические свойства		
	карбид вольфрама	кобальт	предел прочности при изгибе, МПа, не менее	плотность, г/см <sup>3</sup>	твердость HRC, не менее
ВК3	97	3	1100	15,0–15,3	89,5
ВК3-М	97	3	1100	15,0–15,3	91,0
ВК4	96	4	1400	14,9–15,2	89,5
ВК4-В	96	4	1400	14,9–15,2	88,0
ВК6	94	6	1500	14,6–15,0	88,5
ВК6-М	94	6	1350	14,8–15,1	90,0
ВК6-ОМ*	92	6	1200	14,7–15,0	90,5
ВК6-В	91	6	1550	14,6–15,0	87,5
ВК8	92	8	1600	14,4–14,8	87,5
ВК8-В	92	8	1750	14,4–14,8	86,5
ВК8-ВК	92	8	1750	14,5–14,8	87,5
ВК10	90	10	1650	14,2–14,6	87,0
ВК10-М	90	10	1500	14,3–14,6	88,0
ВК10-ОМ*	88	10	1400	14,3–14,6	88,5
ВК10-КС	90	10	1750	14,2–14,6	85,0
ВК11-В	89	11	1800	14,1–14,4	86,0
ВК11-ВК	89	11	1800	14,1–14,4	87,0

Примечание: \* содержит 2 % карбида тантала ([www.drillings.ru/tverdsplav](http://www.drillings.ru/tverdsplav)).

Преимущества твердых сплавов ВК:

- большая твердость (до 91 HRC),
- высокое сопротивление износу при нагреве до 1000 °С,
- неподверженность заметной пластической деформации,
- большая прочность на сжатие,
- отсутствие упругой деформации.

Недостатки твердых сплавов ВК :

- малый предел прочности на изгиб и растяжение,
- небольшая ударная вязкость.

Недостатки твердых сплавов ВК :

- малый предел прочности на изгиб и растяжение,
- небольшая ударная вязкость.

Соединение сплава с корпусом породоразрушающего инструмента должно быть достаточно прочным, так как большая разница в значениях коэффициентов термического расширения (в 2–4 раза) твердого сплава и стали корпуса приводит к возникновению при пайке (нагреве) термических напряжений, после охлаждения часто превосходящих предел прочности твердого сплава.

Сплав изготавливают в специальных графитовых пресс-формах путем спекания при температуре ниже температуры плавления карбидов в соответствии с требованиями ГОСТ 3882–74. Цифры в марке сплава соответствуют процентному содержанию кобальта. Сплавы получают спеканием смеси порошков монокарбида вольфрама и кобальта при температуре 1320–1480 °С. Монокарбид вольфрама – соединение твердостью 1730 МПа с температурой разложения 2600 °С – представлен в сплавах в виде зерен размером 1–5 мкм (основная масса). Кобальт в сплаве – цементирующая составляющая. Твердость кобальта в 4–5 раз ниже, чем карбида вольфрама, температура плавления 1350 °С. Кобальт хорошо смачивает карбид вольфрама, в сплаве он находится не в чистом виде, а содержит твердые растворы вольфрама и углерода (от 1 до 8–10 % по массе).

По структуре промышленность РФ выпускает сплавы: мелкозернистые (размер зерен до 1 мкм), среднезернистые (размер зерен 1–2 мкм) и крупнозернистые (размер зерен 2–5 мкм). Мелкозернистые сплавы при одинаковом химическом составе имеют большую твердость и износостойкость, но меньшую прочность, чем крупнозернистые. Последние имеют повышенную прочность и ударную

вязкость, но более низкую износостойкость. В этой связи в горной промышленности широко применяются средне- и крупнозернистые сплавы.

#### *Физические свойства твердых сплавов*

**Плотность.** Плотность сплавов зависит от химического состава сплавов (с увеличением содержания Со и титана уменьшается). Плотность снижается при наличии в конкретном сплаве остаточной пористости, свободного графита.

**Теплопроводность.** Твердые сплавы работают в условиях трения. В результате образуется тепло, которое при хорошей теплопроводности должно отводиться от места контакта резец – порода.

Если твердый сплав имеет низкую теплопроводность, то выделяющееся тепло сосредоточивается на режущей кромке резца и он интенсивно изнашивается. Поэтому теплопроводность должна быть оптимальной, обеспечивать наилучшие режущие свойства твердого сплава. В пределах одной группы сплавов теплопроводность зависит от количества карбидной фазы и пористости. С уменьшением карбидной фазы и пористости теплопроводность возрастает. Вольфрамкобальтовые сплавы более теплопроводны, чем титановольфрамкобальтовые.

**Коэффициент термического расширения** твердых сплавов в 2–4 раза меньше, чем у сталей. Такое различие коэффициентов приводит к возникновению после охлаждения в спаянных соединениях температурных напряжений. Теплопроводность сплавов группы ВК в 2–3 раза выше, чем быстрорежущей стали. Определенная по методу Кольрауша, она для сплавов с 4 % Со равна 50,24 Вт/(м·К) и с 15 % Со – 66,99 Вт/(м·К). С повышением температуры теплопроводность снижается. Высокая теплопроводность способствует быстрому отводу тепла от режущих кромок инструмента и уменьшению их износа.

**Коэффициент линейного расширения** твердых сплавов характеризует удлинение тела при нагреве, зависит от химического состава сплава и с увеличением содержания кобальта возрастает.

**Коэффициент линейного расширения** титановольфрамковых сплавов примерно в 2 раза ниже, чем для малоуглеродистой стали. Это различие отражается на качестве инструмента с напаянными пластинами. Из-за дополнительных напряжений, возникающих в

результате различия в коэффициентах линейного расширения, пластины могут отслаиваться от корпуса резца или иметь трещины.

Термические свойства твердых сплавов играют большую роль при изготовлении и эксплуатации инструмента. Твердые сплавы чувствительны к условиям нагрева и охлаждения, а они всегда имеют место при пайке пластин твердого сплава к инструменту, при шлифовании и заточке изделий. Во избежание образования трещин в изделиях из твердых сплавов следует применять медленное нагревание и охлаждение при пайке, оптимальные режимы при шлифовании и обильное охлаждение.

Красностойкость – свойство твердого сплава сохранять твердость, износостойкость и другие качества, необходимые для резания. Она проявляется в интервале температур 900–1000 °С. Красностойкость титановольфрамовых сплавов выше, чем вольфрамокобальтовых, благодаря присутствию карбида титана.

#### *Механические свойства твердых сплавов*

Твердость – свойство твердого тела сопротивляться проникновению в него другого тела. Твердость – одно из главных свойств твердых сплавов, т. к. от нее зависит их износостойкость. Главное влияние на нее оказывает количество карбидной фазы и размер зерна этой фазы. С увеличением количества карбидной фазы или уменьшением размера зерна твердость возрастает.

Твердость сплавов в несколько раз выше твердости сталей и составляет от 84–86 до 90–91 HRA. При нагреве сплава твердость его снижается, но остается в 2–3 раза выше, чем у быстрорежущей стали. Титановольфрамовые сплавы отличаются более высокой твердостью, чем вольфрамовые, т. к. карбид титана тверже, чем карбид вольфрама.

#### *Предел прочности при изгибе*

Прочность – свойство твердого тела сопротивляться воздействию внешних сил. Прочность сплавов на изгиб с повышением содержания кобальта возрастает от 1000 (сплав ВК2) до 1800–2000 МПа (сплав ВК15) и снижается при повышении температуры. С увеличением крупности зерен карбида вольфрама прочность на изгиб повышается.

Ударная вязкость твердых сплавов весьма низка и находится в пределах 2–7 Дж/см<sup>2</sup>, тогда как, например, у стали 40Х она во много раз выше (120–170 Дж/см<sup>2</sup>). С повышением содержания кобальта

ударная вязкость растет от 1,0 (ВК2) до 6,5 Дж/см<sup>2</sup> (ВК30). У крупнозернистых сплавов она на 20–30 % выше, чем у мелкозернистых.

Модуль упругости сплавов в среднем в 3 раза выше, чем у легированных сталей и составляет  $6 \cdot 10^5$  МПа. С увеличением содержания кобальта модуль упругости несколько снижается. Большое различие в модулях упругости двух материалов (стали и твердого сплава), из которых изготавливают и которыми армируют инструмент, приводит к значительной перегрузке твердого сплава. Поэтому место соединения твердого сплава со сталью должно быть жестким.

Прочность характеризуется величиной разрушающих нагрузок при сжатии, изгибе, растяжении и находится в обратной зависимости от твердости. Она зависит от размера зерен карбидной фазы и возрастает с увеличением содержания кобальта. Титановольфрамовые сплавы менее прочные, т. к. карбид титана имеет меньшую прочность. Прочность твердых сплавов при сжатии имеет весьма большое значение и характеризует в некоторой степени их пластические свойства. С увеличением размера зерна карбидных зерен, а также содержания кобальта предел прочности твердых сплавов при сжатии  $\sigma_{сж}$  монотонно уменьшается.

### **2.1.6. Компрессорные установки**

Для питания сжатым воздухом пневматических перфораторов преимущественно используют передвижные поршневые и стационарные компрессоры [7, 8].

По принципу действия различают поршневые, винтовые и ротационные компрессоры.

По конструкции механизма преобразования вращения вала двигателя в возвратно-поступательное движение поршня и по расположению цилиндров различают крейцкопфные – вертикальные, угловые и горизонтальные (ВГ) с V-, W-образным и звездообразным расположением цилиндров; бескрейцкопфные – вертикальные (ВВ) с V-образным (ВУ) и W-образным (ВШ) расположением цилиндров.

По числу цилиндров компрессоры бывают одно- и многоцилиндровыми; по виду охлаждения – с водяным и воздушным; по роду привода – с электродвигателем, двигателем внутреннего сгорания, паросиловым и механическим.



По числу рабочих полостей выделяют компрессоры простого действия, когда всасывание и сжатие производятся только с одной стороны цилиндра, и двойного действия – при всасывании и сжатии воздуха с двух сторон. При конечном давлении воздуха выше 0,5–0,6 МПа, как правило, требуется двухступенчатое сжатие – в цилиндрах низкого давления (до 0,2–0,3 МПа) и высокого сжатия.

От стационарной компрессорной установки до потребителей сжатый воздух поступает по системе трубопроводов, снабженной устройствами для очистки воздуха, измерения его состояния, емкостями для хранения воздуха, арматурой для соединения трубопроводов и рукавами для подвода воздуха от сети к потребителю. Воздухопроводная сеть должна быть герметичной, иметь минимальные гидравлические сопротивления, долговечной и надежной в работе. Трубы соединяются встык электросваркой, а фланцевые соединения допускаются только в местах присоединения арматуры или измерительных приборов.

### **2.1.7. Классификация и назначение гидравлических перфораторов**

Гидравлические перфораторные головки включают в себя ударный, вращательный и распределительный механизмы, источники питания. В отличие от ударно-поворотного механизма пневматических перфораторов они имеют, как правило, независимое вращение бура с помощью автономно встроенного вращателя. Ударный механизм включает в себя поршень-ударник, устройства рабочего и обратного ходов. Распределительный механизм изменяет направление потоков жидкости для обеспечения требуемого движения поршня-ударника. Он состоит из распределительных и управляющих элементов. Источник питания включает в себя гидронасос, приводимый в движение от электрического или другого типа двигателя, предохранительную аппаратуру, стабилизаторы давления, трубопроводы. Иногда вместо насоса используют различные типы аккумуляторов давления [7, 8].

Рабочие камеры в ударном механизме могут быть либо гидравлическими, либо пневматическими, причем механизм может иметь только одну пневматическую камеру. Управляемыми могут быть только гидравлические рабочие камеры. Возможны две управляемые камеры: обратного и рабочего ходов. Отработанная жид-

кость может удаляться непосредственно в маслобак, вспомогательную камеру или сетевой пневмоаккумулятор. При этом для повышения КПД следует стремиться к снижению потерь энергии на удаление жидкости. Известны два основных типа гидравлических перфораторных головок – золотниковые и беззолотниковые. У золотниковых (ГБГ) переключение потоков энергоносителя осуществляется золотником, движение которого гидравлически связано с движением поршня-ударника. Известны также головки с вращающимся золотником, который приводится в движение двигателем вращателя. У беззолотниковых переключение потока энергоносителя осуществляется непосредственно поршнем-ударником. В табл. 2.9–2.11 приведены сведения о гидравлических перфораторных головках типа ГП и ГБГ соответственно.

Таблица 2.9

Параметры перфораторных головок

Параметры	Перфоратор		
	ГП-1	ГП-2	ГП-3
Энергия удара, Дж	98	157	245
Частота ударов, Гц	90	60	45
Выходная мощность, кВт	8,8	9,4	11
Рабочее движение жидкости в гидроперфораторе, МПа	10,8		
Расход рабочей жидкости гидроударником, л/с	1,17		
Частота вращения шпинделя, с <sup>-1</sup>	5	3,3	2,5
Крутящий момент на шпинделе, Нм	294		
Расход рабочей жидкости гидродвигателем вращателя, л/с	1,25	0,83	0,62

Таблица 2.10

Параметры перфораторных головок

Параметры	Перфоратор	
	ГБГ-180-250	ГБГ-230-300
Энергия удара, Дж	180	230
Частота ударов, Гц	40–60	57
Частота вращения шпинделя, с <sup>-1</sup>	1–6	1–6
Крутящий момент, Нм	250	300
Осевое усилие, кН	14	12
Длина гидроударной головки с хвостовиком, мм	870	1050
Масса, кг	118	140

Таблица 2.11

Параметры перфораторных головок

Параметры	Перфоратор		
	ГБГ-6	ГБГ-10	ГБГ-16
Ударная мощность, кВт, не менее	6,3	10	16
Общая мощность, кВт	11,3	17,7	25,4
Энергия удара, Дж, не менее	123	130–190	160–220
Частота удара, с <sup>-1</sup>	49,2	56–77	72–100
Крутящий момент, Нм, не менее	160	235	300
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	0–5		
Давление в магистрали ударника, МПа	15	18,6–22	16–22
Давление в магистрали вращателя, МПа	12	13,2	17,5

Перфораторные головки типа ГП были разработаны Кузнецким машиностроительным заводом (ГП-1, ГП-2 предназначены для бурения шпуров, ГП-3 – для бурения скважин). Прошли производственные испытания гидроперфораторы ГБГ-180-250, ГБГ-230-300, ГП-2-01, ГБГ300-500. Эти гидроперфораторы имеют золотниковое гидрораспределение рабочей жидкости, аккумуляторы высокого и низкого давления и встроенный гидравлический вращатель. Они имеют поршни длиной 408 и 425 мм при общей длине бурильной головки 900 мм.

Опытные образцы бурильных головок ГБГ-6, ГБГ-10 и ГБГ-16 изготовлены опытным заводом ВНИПИрудмаша и прошли испытания. Головки бурильные гидравлические ГБГ-6, ГБГ-10 и ГБГ-16 предназначены для бурения шпуров диаметром 35–65 мм в породах с коэффициентом крепости 6–20 по шкале проф. М. М. Протоdjeяконова на подземных горных работах. Бурильные головки ГБГ-6 применяются на бурильных машинах УБШ-1, УБШ-2. ГБГ-10 используют на УБШ-3, УБШ-4, а ГБГ-16 на УБШ-4, УБШ-5, БУ-50.

К настоящему времени степень пригодности гидравлических перфораторных головок повысилась, значительно сокращены эксплуатационные расходы, которые не превышают, а иногда бывают ниже эксплуатационных расходов на пневматические перфораторы. Они позволяют понизить уровень шума, так как исключается шум выхлопа воздуха; кроме того, снижению уровня шума способствует масляная смазка поршня-ударника и хвостовика буровой штанги. Максимальное значение уровня шума при работе гидравлического перфоратора соответствует частоте 3000–8000 Гц. Использование шумопоглощающих подшипников, соответствующих данной частоте, позво-

ляет на 40 % понизить уровень шума. При работе с гидравлическими перфораторными головками необходима индивидуальная защита органов слуха, так как потеря слуха начинается на частоте 4000–6000 Гц. Механическая скорость бурения и стойкость бурового инструмента выше по сравнению с пневматическими перфораторами той же мощности, что является следствием конструктивной формы и размеров поршней-ударников, создающих силовой импульс. Гидравлические перфораторные головки имеют оптимальное соотношение сечений ударника и буровой штанги, что повышает КПД передачи энергии удара.

Использование этих головок дает возможность получить большую экономию энергии: затраты энергии для бурения шпура гидравлическим перфоратором в 3–5 раз меньше по сравнению с пневматическим, а также позволяет устранить необходимость в больших компрессорах на поверхности и сложных пневматических сетях.

Следует отметить улучшение воздушной среды рабочей зоны при их работе из-за отсутствия воздухо-масляно-водного тумана, сопровождающего работу пневматических перфораторов.

Несмотря на большие начальные капитальные затраты, связанные с введением гидравлического бурового оборудования, экономия энергии и высокая производительность позволяют быстро окупить их.

Гидравлические перфораторы подразделяются на переносные и колонковые.

*Переносные гидравлические перфораторы*, так же как и пневматические, предназначены для бурения горизонтальных шпуров с пневмоподдержки и нисходящих шпуров с рук. Для создания осевого усилия и уменьшения вибрации при бурении нисходящих шпуров используют утяжелители, присоединяемые к корпусу перфоратора. Переносные гидравлические перфораторы выполняют с независимым вращением буровой штанги (от специального вращателя) и с зависимым (с помощью винтового храпового механизма, сблокированного с поршнем-ударником).

*Колонковые гидравлические перфораторы*, называемые гидравлическими бурильными головками, предназначены для бурения шпуров и скважин с податчиков и манипуляторов, установленных на бурильных машинах.

Вращательно-ударные перфораторные головки имеют автономные ударный и вращательный механизмы, не связанные функциональной зависимостью или имеют функционально зависимый от вращателя ударный механизм, обеспечивающий автоматическое снижение мощности и полное отключение ударного механизма при снижении частоты вращения и остановке (заклинивании) буровой штанги.

По принципу действия и конструкции распределительных механизмов рабочей жидкости гидравлические перфораторы могут быть подразделены на машины с распределителями, работающими в режимах: I – принудительного управления; II – автоколебательном с регулируемой длиной хода поршня-ударника; III – то же, с постоянной длиной хода поршня-ударника; IV – то же, с жесткой связью золотника с поршнем-ударником (бесклапанный механизм управления).

### 2.1.8. Конструкция гидравлических перфораторных головок

Устройство гидравлических бурильных головок рассматривается на примере бурильной головки ГБГ-6 (рис. 2.7).

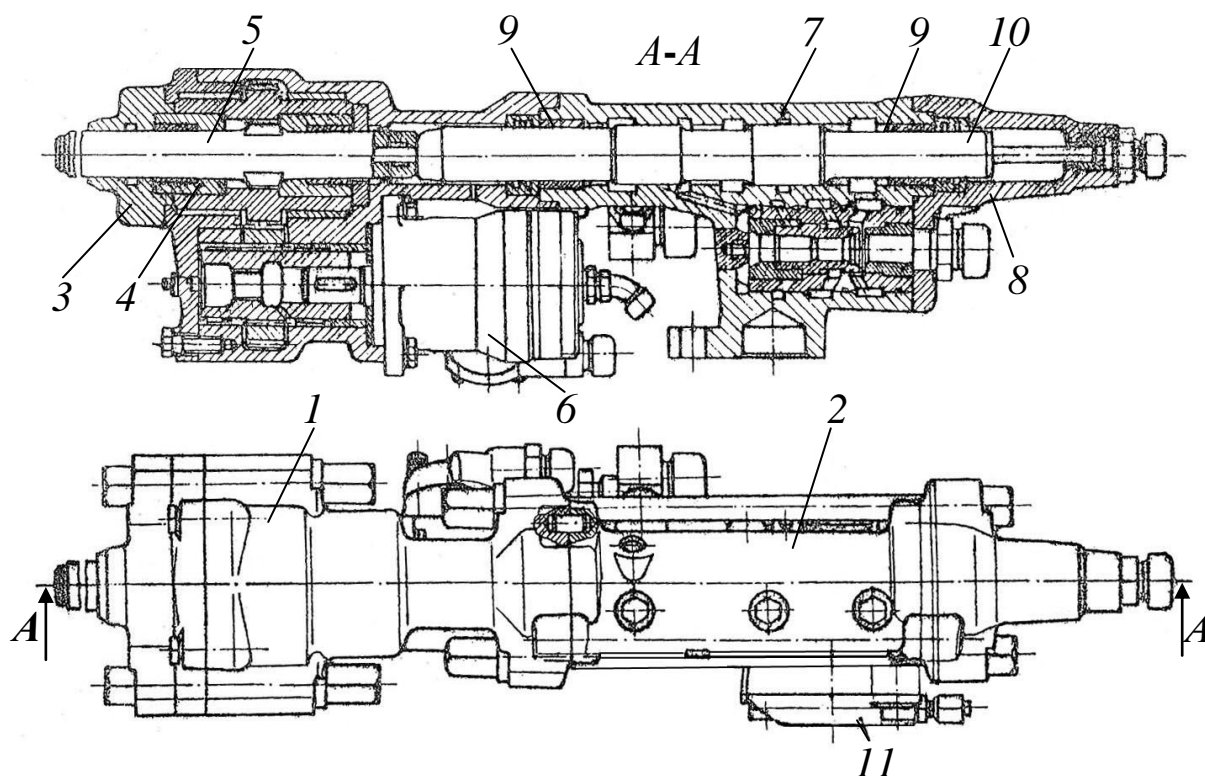


Рис. 2.7. Головка бурильная гидравлическая ГБГ-6

Основными узлами головки типа ГБГ-6 являются вращательный механизм и ударный механизм.

К передней части вращателя 1 примыкает крышка 3, которая относительно вращателя уплотнена резиновыми кольцами. В крышке 3 и вращателе 1 установлена пята 4, которая удерживает от выпадения хвостовик 5, когда буровой инструмент не прижат к забою. Хвостовик служит для передачи на буровой инструмент ударных импульсов ударника и крутящего момента вращателя.

Вращатель представляет собой одноступенчатый редуктор с приводом от гидромотора 6 и предназначен для вращения бурового инструмента. Ударник 2 состоит из корпуса 7, крышки 8 и втулок 9, в которых установлен ударник 10. Последний служит для передачи ударных импульсов буровому инструменту. К корпусу ударного механизма крепится аккумулятор 11, который сглаживает пики давлений в гидросистеме, уменьшая тем самым вибрацию и износ механизмов. Аккумулятор легко зарядить и заменить без демонтажа головки.

### 2.1.9. Конструкция бурильных машин типа УБШ

Самоходная бурильная машина УБШ-302 (рис. 2.8) на гусеничном ходу комплектуется вращательно-ударными буровыми головками, предназначенными для бурения шпуров в породах крепостью  $f = 5-16$  в выработках сечением  $4 \times 6$  м [10, 11].

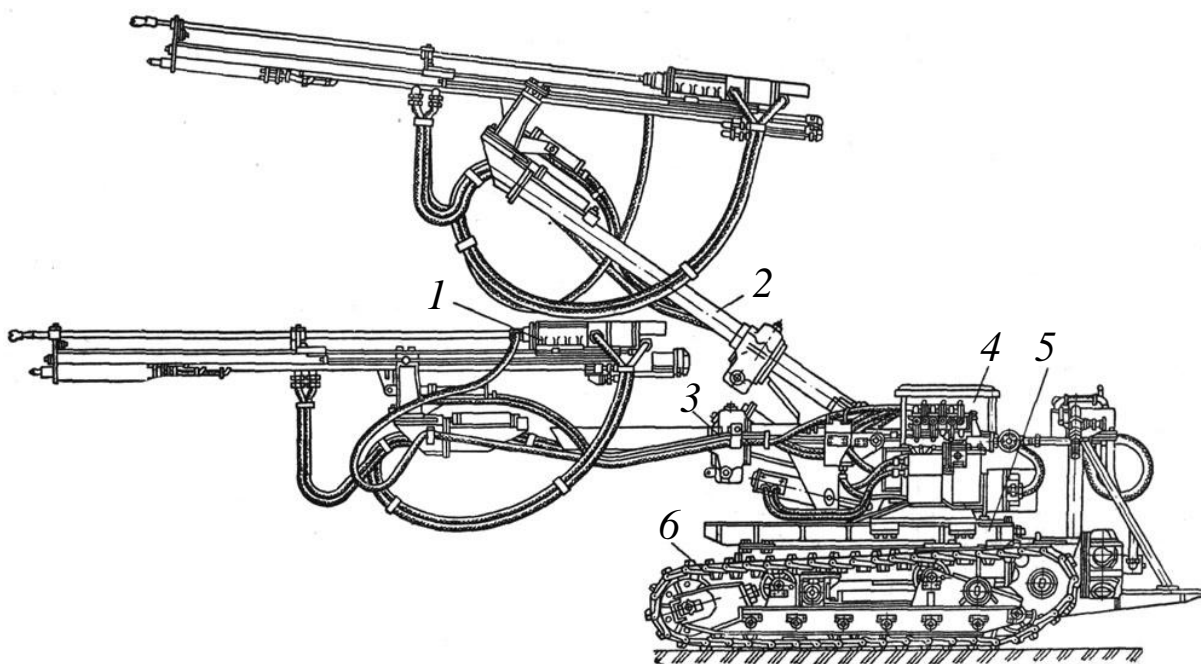


Рис. 2.8. Самоходная пневматическая бурильная машина УБШ-302

Машина состоит из двух буровых головок вращательно-ударного действия 1, двух манипуляторов 2 и 3, верхних тележек 4, пульта управления 5 и двух гусеничных тележек 6, связанных между собой балансирной балкой. Буровая головка состоит из пневмоударника с вращателем, который при бурении перемещается по направляющему податчику, создающему усилие подачи инструмента на забой. Перемещение головки с податчиком относительно поверхности забоя производится гидравлическим подъемно-поворотным механизмом. Головки имеют энергию удара 34,3–39,2 Дж и частоту ударов 53–58 Гц.

Бурильная машина УБШ-532Д (рис. 2.9) оснащена тремя манипуляторами, смонтированными на шарнирно-сочлененной пневмоколесной ходовой тележке с дизель-электрическим приводом. Машина состоит из защитного козырька 1, пульта управления 2, верхней тележки 3, манипуляторов 4, пневмодвигателя 5, вращательно-ударных головок 6, штанг 7, винтовых податчиков 8, направляющих салазок 9, люнетов 10 и 11, коронок 12, гидродомкратов 13, пневмоколесного шасси 14, нижней рамы 15, станины 16, рамы прицепа 17, насосной установки 18.

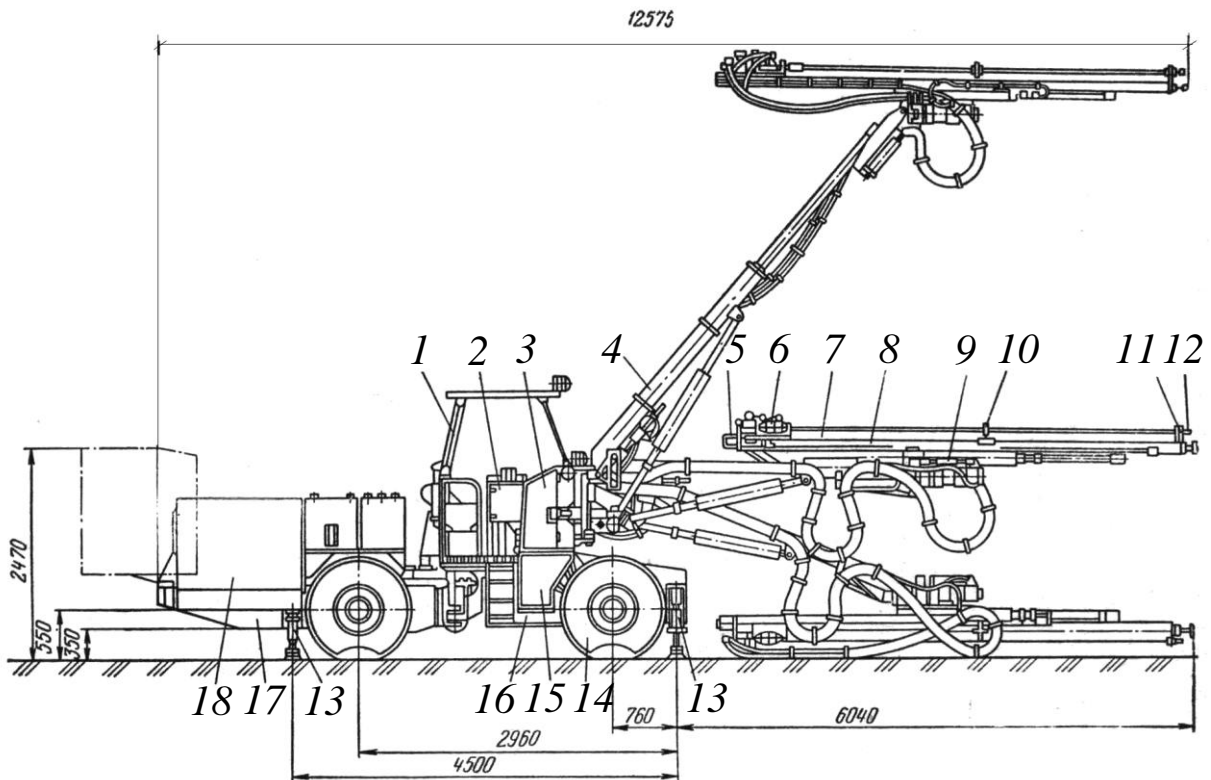


Рис. 2.9. Самоходная пневматическая бурильная машина УБШ-532Д

Универсальный телескопический манипулятор бурильной машины типа УБШ приведен на рис. 2.10.

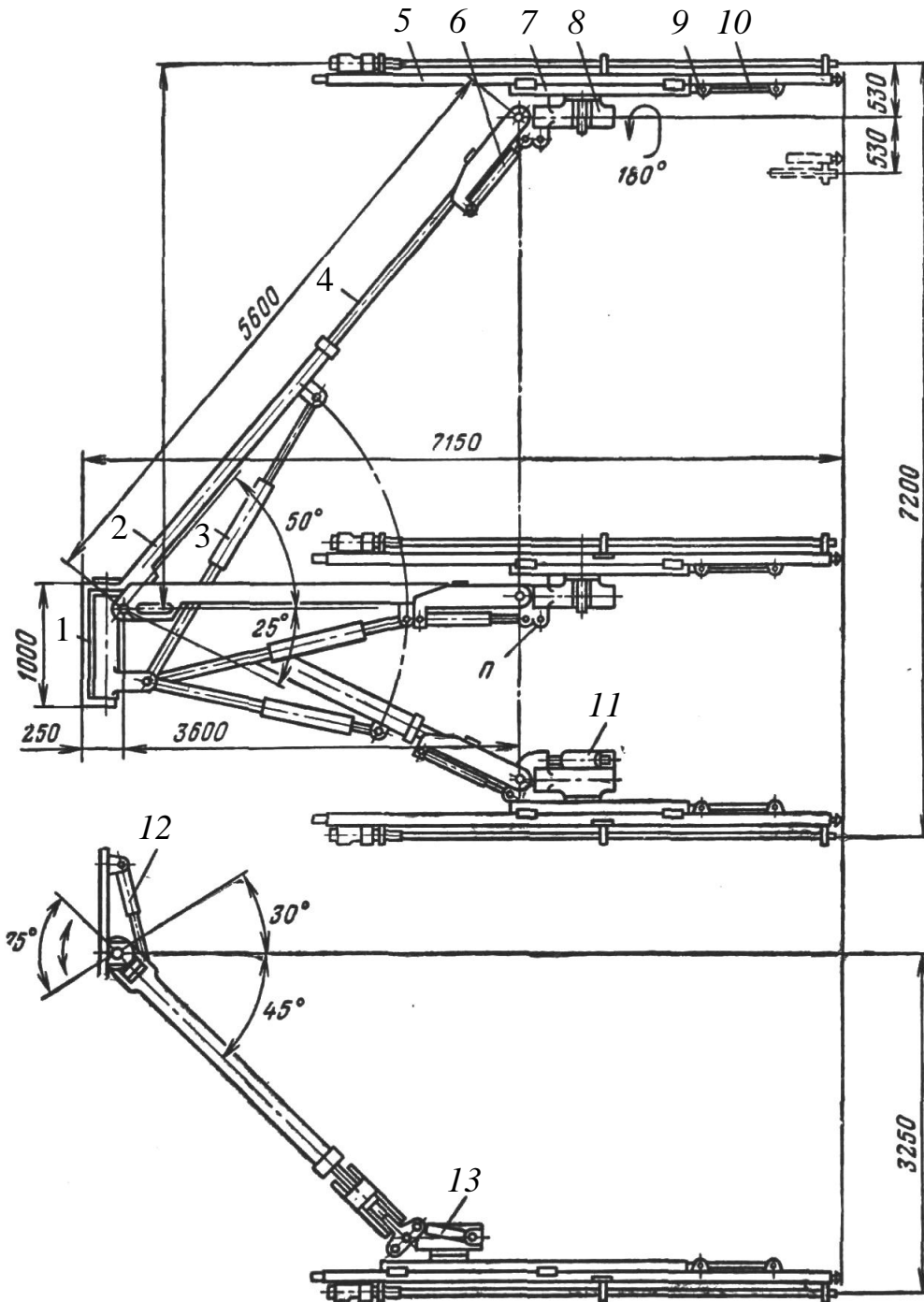


Рис. 2.10. Манипулятор УТС-5,0 конструкции СКБ СГО ВПО «Союзгормаш»

Манипулятор состоит из опорного основания 1, стрелы 2, угол поворота которой в вертикальной плоскости регулируется гидродомкратом 3, выдвижного штока 4, соединенного с направляющей рамой 5 и головкой 8 манипулятора. Головка 8 через привод 13



обеспечивает поворот податчика 7 в горизонтальной плоскости, а посредством гидродомкрата 6 – в вертикальной плоскости. Гидродомкраты 9, 10 и 11 осуществляют, соответственно, надвигание на забой, распор и поворот податчика 7. Гидродомкрат 12 поворачивает стрелу 2 в горизонтальной плоскости. Гидропривод стрелы обеспечивает поворот стрелы в обеих плоскостях, как видно из рисунка, на 75°.

### 2.1.10. Станки и установки «Atlas Copco Craelius AB» для подземного бурения

«DIAMEC» – зарегистрированная торговая марка высокооборотных полностью гидрофицированных станков (рис. 2.11), предназначенных для проведения буровых работ в условиях подземных выработок («Diames» 232, «Diames» U4, «Diames» 262, «Diames» U6, «Diames» U6 dh, «Diames» U8). Возможные варианты исполнения – на раме (салазках), с гусеничным или колесным шасси [12].



Рис. 2.11. Подземная буровая установка Diames

Все буровые установки семейства Diames объединяют следующие отличительные особенности:

- плавное изменение и строгий контроль всех параметров бурения обеспечивает наиболее оптимальные режимы работы;
- компактность и модульность обеспечивают максимально сжатые сроки монтажа и демонтажа;
- многофункциональность – установки допускают использование ССК, одно-, двухтрубных колонковых снарядов в сочетании с алмазными и твердосплавными коронками, бурение погружными пневмоударниками.

Глубина бурения буровыми станками (диаметр скважин 48–99 мм) составляет 120–2000 м. Стандартно станки серии Diames поставляются укомплектованными силовой установкой (дизельного или электрического типа), промывочным насосом, лебедкой ССК. Возможна поставка станков во взрывозащищенном исполнении.

Новые модели Diames серии U: модернизированная конструкция, контроль и управление параметрами бурения от бортового компьютера третьего поколения (АРС) позволяют повысить эксплуатационные характеристики и надежность. Геологоразведочные станки серии U имеют следующие преимущества:

- увеличенная мощность обеспечивается за счет более рациональной конструкции вращателя, что позволяет увеличить скорость вращения и проходку;

- компьютерная система управления АРС на основе MS Windows обеспечивает полную автоматизацию процесса бурения;

- в модификации АРС один оператор может выполнять весь перечень необходимых работ благодаря новой конструкции устройства позиционирования станка, ускоряющей подготовку машины и полуавтоматическому режиму спускоподъемных операций;

- электронная система управления Canbus сокращает количество гидрошлангов и электропроводов, облегчает диагностику неисправностей, а также добавление опций и аксессуаров;

- сенсорный экран управления в сочетании с джойстиком и универсальным регулятором облегчают ввод и настройку рабочих параметров станка, отображаемых на экране для контроля/изменения в автоматическом и/или ручном режимах.

Основные факторы, определяющие выбор буровой установки, – целевое назначение, глубина бурения, конечный диаметр скважин, характер и свойства проходимых грунтов, природные условия местности (рельеф, растительность, климат и др.).

Выбираемая буровая установка должна быть в достаточной степени эффективной технически и экономически, обладать хорошей транспортабельностью (в случае больших габаритных размеров и массы – возможностью разборки на отдельные транспортабельные блоки, а в случае самоходности – высокой проходимостью, маневренностью, достаточной скоростью передвижения), в случае необходимости обеспечивать возможность бурения несколькими способами, укомплектовываться надежным в работе и удобным в обра-

щении буровым и вспомогательным инструментами, обеспечивать простоту проведения ремонта, возможность обслуживания минимальным числом рабочих с незначительной затратой ручного труда, удобство, простоту и безопасность работы.

Выбор буровых установок должен определяться условиями проведения буровых работ, в том числе глубиной и диаметром скважин. Не рекомендуется использовать установки для условий, не соответствующих их параметрам. Выбираемый тип установки должен в наибольшей степени учитывать специфику работ данной конкретной организации. Следует стремиться, чтобы организация была укомплектована тремя-четырьмя марками однотипных станков. В этом случае существенно упрощается ремонтное обслуживание, создаются благоприятные предпосылки для специализации буровых бригад и, следовательно, повышения производительности труда, улучшаются организация и проведение буровых работ. Следует также учитывать возможность использования выбираемых установок для проведения других видов работ (полевых исследований грунтов с помощью навесного оборудования, бурения скважин большого диаметра специальным буровым инструментом и т. д.).

#### **2.1.11. Бурильные машины для возведения анкерной крепи**

Под анкером понимается устройство, основной несущей деталью которого является, чаще всего, металлический стержень, который закрепляется в шпуре с помощью механического замка, неорганического вяжущего, бетона, синтетической смолы и имеет поддерживающий элемент в виде опорной плиты с гайкой или накладкой. По конструкции различают анкеры сталеполимерные, железобетонные, сталеорганические (с деревянными закладными элементами), металлические (замковые, винтовые, клиновые и др.) [13, 14].

Под анкерной крепью понимают систему закрепленных определенным образом в кровле, боках и почве выработок анкеров для упрочнения массива горных пород и повышения устойчивости обнажений, благодаря скреплению породных слоев или структурных блоков между собой. Первоначальное натяжение анкеров при помощи гаек или других приспособлений предотвращает расслоение заанкеренных пород, что позволяет образовать относительно устойчивую грузонесущую конструкцию «порода – крепь» и обеспечивает устойчивость выработок. В некоторых случаях неустойчивые поро-

ды непосредственной кровли «подшиваются» к более крепким породам. Различают анкерную крепь первого и второго уровня. Анкерная крепь применяется в выработках, проводимых по слабообводненным породам средней крепости и крепким с количеством раскрытых трещин не более трех на 1 м и свободным пролетом до 5 м. Анкерная крепь представляет собой систему стержней-анкеров, вставляемых в пробуренные по периметру выработки скважины и закрепляемых различными способами в толще пород. К анкерам подвешиваются опорные плиты, верхняки с затяжками или металлические сетки. Анкеры, работая на растяжение, удерживают анкеруемые породы от расслоения, сдвижения и обрушения. В породах со слоистой структурой слои неустойчивой непосредственной кровли либо прикрепляются (подвешиваются) анкерами к устойчивой основной кровле (при этом замки распорных анкеров заглубляют в устойчивую зону породного массива не менее чем на 0,3 м), либо отдельные слои пород анкерами скрепляются (сшиваются) в одну монолитную плиту, которая способна воспринимать нагрузку от вышележащих горных пород. В породах с неслоистой структурой анкеры, закрепленные за пределами свода естественного обрушения, противостоят растягивающим усилиям в породах свода. Поддерживающие элементы анкерной крепи – опорные шайбы, плиты и подхваты (металлические и деревянные) – предназначены для передачи усилия натяжения на анкеруемые породы и предотвращения их расслоения и обрушения. Затяжка при креплении анкерами производится металлической сеткой, а в последние годы стеклотканью, пропитанной полимерными смолами. В слабых породах при большом сроке службы выработки по металлической сетке наносится слой набрызг-бетона.

По конструкции и принципу работы все виды анкеров условно можно разделить на две группы: с закреплением в донной части шпура; с закреплением по всей длине шпура или значительной его части.

Анкерной крепью можно крепить горные выработки различных назначений, формы, поперечного сечения и сроком службы до 10 лет. Угольная промышленность в настоящее время применяет следующие конструкции анкерных крепей:

- с металлическими распорными замками типа ШК, АК-8, АР-1, АД-1, ЭС-1 и некоторые другие;
- с закреплением быстротвердеющими смесями на цементной основе;

- с закреплением быстротвердеющими химическими составами на основе синтетических смол.

### Металлическая анкерная крепь

Металлическая анкерная крепь с замковым закреплением ШК-1М состоит из металлической штанги 1, изготовленной из круглой горячекатаной стали Ст3пс5 диаметром 20 мм, на одном конце которой имеется клиновая головка, а на другом выполнена резьба, а также двух полумуфт 2 с рифлениями на наружной стороне, опорной плиты 3 и натяжной гайки 4 (рис. 2.12. а).

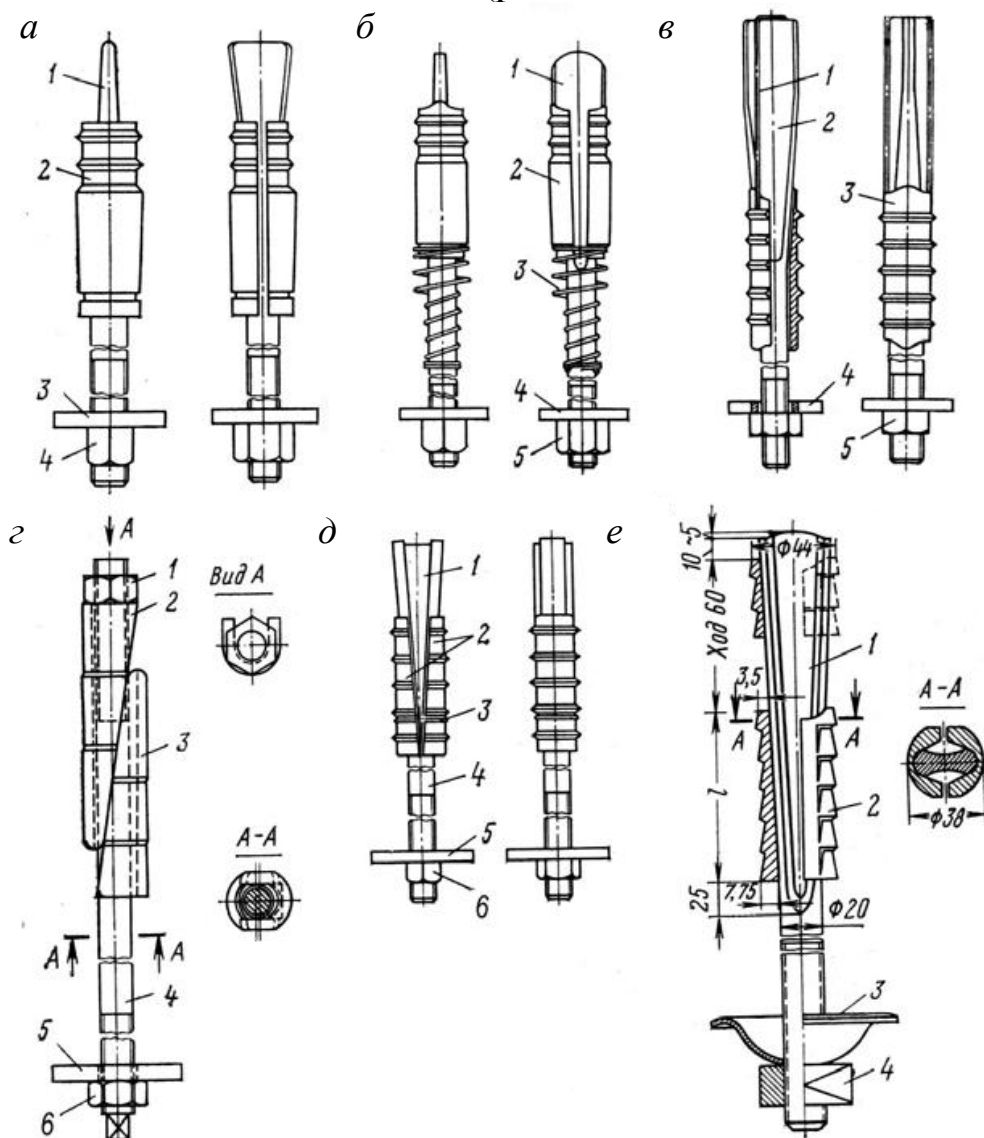


Рис. 2.12. Металлические анкеры: а – ШК-1М; б – самозаклинивающийся ШК-3; в – АК-8; г – АД-1; д – АР-1; е – ЭС-2М

Разновидностью анкерной крепи типа ШК является самозаклинивающая анкерная крепь ШК-3 конструкции ВНИИгидроуголь и ИГД им. А. А. Скочинского (рис. 2.12, б). Эта конструкция также

включает металлический стержень 1, опорную плиту 4 с гайкой 5 и отличается от ШК-1м наличием пружины 3, удерживающей полумуфты 2 в состоянии расклинки. Крепь возводится без применения распорной трубы.

Анкерная крепь АК-8 конструкции КузНИУИ (2.12, в) состоит из штанги 2, двух полумуфт 3, соединенных между собой проволоочной скобой 1, опорной плиты 4 и натяжной гайки 5. Проволоочная скоба, соединяющая полумуфты и удерживающая их на штанге при вводе анкера в скважину, служит для обеспечения закрепления его без применения установочной трубы. Анкеры закрепляются в шпурах посредством расклинивания полумуфт и создания предварительного натяжения стержня натяжной гайкой. Анкеры предназначены для крепления горных выработок и закрепления горношахтного оборудования в породах с прочностью на одноосное сжатие не менее 30 МПа, а также для крепления боков выработок.

Анкерная крепь с закреплением быстротвердеющим химическим составом (АКХ) конструкции ИГД им. А. А. Скочинского представлена на рис. 2.13.

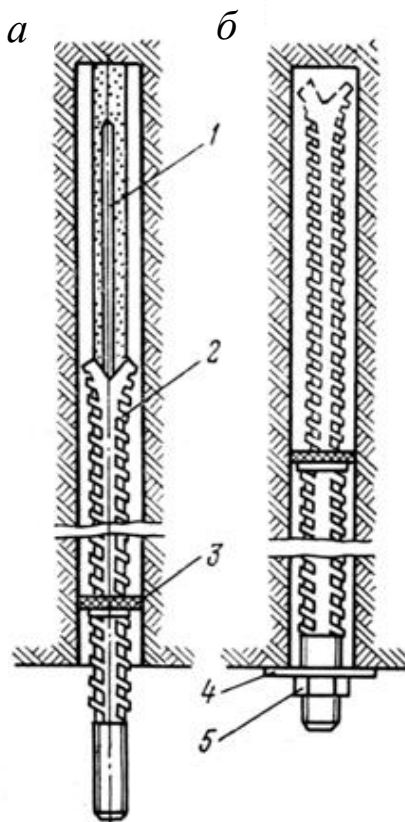


Рис. 2.13. Анкер с закреплением быстротвердеющими химическими составами (АКХ): а – в момент установки; б – после закрепления

Анкерная крепь (рис. 2.13) состоит из штанги 2, изготовленной из арматурной стали периодического профиля, закрепляемой в скважине с помощью быстротвердеющего состава на основе синтетических смол (закрепителя) 1, уплотнительного резинового кольца 3, опорной плиты 4 и натяжной гайки 5. Закрепитель представляет собой смесь песка со смолой, упакованную в ампулы. Кроме того, в ампулы укладывают стеклянные или полиэтиленовые трубки с отвердителем и ускоряющими твердение добавками. Длина ампул 400 мм, диаметр 22–36 мм. В качестве материала для оболочек ампул используются полиэтиленовая пленка, бумага, стекло. Заполненные ампулы герметически закрываются крышками, пробками или запаиваются. Штанги на наружном конце имеют резьбу длиной 120–150 мм. Конец штанги, вводимый в скважину, выполняется в виде ласточкиного хвоста или скосом под углом  $45^\circ$  к оси. Штанги могут выполняться также деревянными или из полимерных материалов. Для вращения штанги в скважине на наружном ее конце должна предусматриваться квадратная головка, а при ее отсутствии вращение производится специальными насадками.

Анкерная крепь с закреплением быстротвердеющими смесями на цементной основе (АКЦ) конструкции ИГД им. А. А. Скочинского и НИИОГР представлена на рис. 2.14.

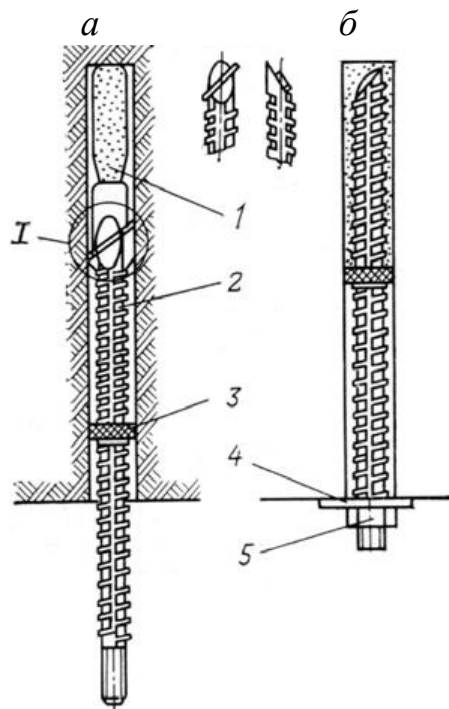


Рис. 2.14. Анкер с закреплением патронированными быстротвердеющими смесями на цементной основе (АКЦ): *а* – в момент установки; *б* – после установки

Анкерная крепь (рис. 2.14) состоит из штанги 2, выполненной из арматурной стали периодического профиля, ампулы 1, содержащей закрепитель на цементной основе, уплотнительного кольца 3, опорной плиты 4 и натяжной гайки 5. Ампула, содержащая закрепитель, представляет собой оболочку с двумя отделениями, в одной из которых помещается жидкое стекло, в другой – сухая цементная смесь.

Под анкерной крепью первого уровня принято понимать систему анкеров длиной до 3,0 м, устанавливаемых, как правило, вблизи подготовительного забоя.

#### *Сталеполимерная анкерная крепь*

Сталеполимерная анкерная крепь (СПА) состоит из металлического стержня с шайбой и гайкой, закрепляемого в шпурах диаметром 27–30, 43 мм посредством ампул с быстротвердеющими химическими составами на основе полиэфирных смол. Анкеры предназначены для крепления горных выработок, проводимых по углю и породам, а также для закрепления и подвешивания горно-шахтного оборудования (рис. 2.15 и рис. 2.16).

В качестве анкеров могут использоваться гладкие АСП, из арматурной стали периодического профиля А20, А20В и др. Длина стержней принимается 1,6–3,0 м.

Анкеры АСП (рис. 2.15, а) изготавливаются из круглой горячекатаной стали СтЗпс5 диаметром  $\varnothing$  20 мм (24, 36 мм), в виде металлических стержней с насечкой на одном конце и метрической резьбой на другом. В комплект анкера также входит опорная шайба 65х65 мм и гайка с метрической резьбой М20 (М24, М36).

Анкеры А20В (рис. 2.15, б) изготавливаются из арматурной стали периодического профиля А400С (А500С) или Ат600 (Ат800) диаметром 16, 20 мм, в виде металлических стержней со скошенным под углом 45° одним из концов. Резьбой служит периодический профиль проката стержня. В комплект анкера также входит опорная шайба тарельчатой формы 100×100 мм и гайка со специальной резьбой внутреннего диаметра 16 мм или 20 мм. Гайки изготавливаются методом точного литья или вытачиваются.

Анкеры А20 (рис. 2.15, в) изготавливаются из арматурной стали периодического профиля А400С (А500С) или Ат600 (Ат800) диаметром 20 мм (24 мм), в виде металлических стержней с метрической резьбой на одном конце и со скошенным под углом 45° дру-



гим концом. В комплект анкера также входит опорная шайба 65×65 мм и гайка с метрической резьбой М20 (М24).

В качестве средств закрепления применяются полимерные ампулы (рис. 2.15, *з*) типа АКЦ-1у (ЗАО «Карбо-ЦАКК», г. Ленинск-Кузнецкий), АП (ООО «ФОСРОК-ТПС», г. Кемерово) или других типов зарубежного производства. Диаметр ампул – 24,5 мм. Длина – 330, 400, 450, 470 мм. Время перемешивания – от 5 до 25 с. Время отверждения – от 40 до 190 с.

Сталеорганическая анкерная крепь (АСО) состоит из металлического стержня с опорной плиткой, закрепляемого в шпуре диаметром 28–32 мм посредством забивания в деревянный закладной элемент. Анкеры предназначены для крепления горных выработок, проводимых по породам и углям при прочности пород кровли на сжатие не ниже 40 МПа и боков не ниже 5 МПа.

В качестве крепи используются анкеры сталеорганические (рис. 2.15, *д*), изготовленные из круглой горячекатаной стали СтЗпс5 диаметром  $\varnothing$  20 мм, в виде металлических стержней с одним скошенным концом, на другом конце методом обсадки выполняется упорный буртик. В комплект анкера также входит опорная шайба 65×65 мм.

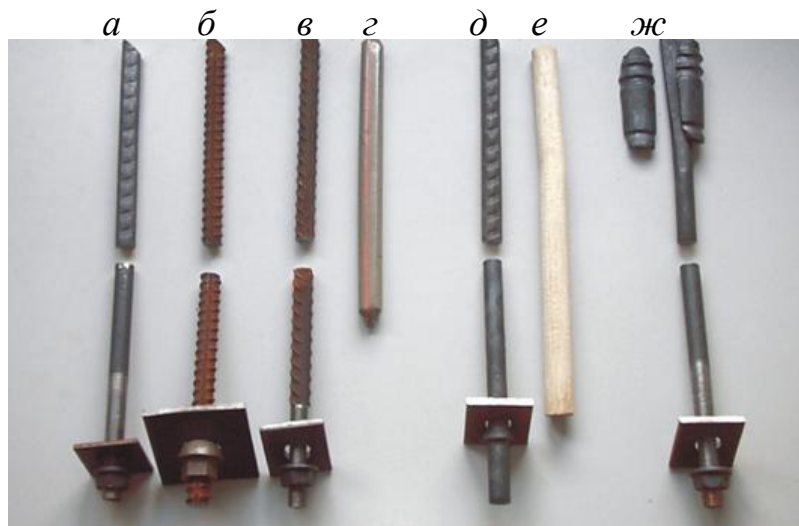


Рис. 2.15. Конструкции анкеров первого уровня: *а* – анкер АСП; *б* – анкер А20В; *в* – анкер А20; *з* – полимерная ампула типа АП-330; *д* – сталеорганический анкер АСО; *е* – закладной деревянный элемент; *ж* – анкер ШК-1М

В качестве средств закрепления применяются деревянные закладные элементы (рис. 2.15, *е*) диаметром 27–28 мм, длиной 300 мм,

изготовленные из березы или других крепких пород древесины. Технические характеристики анкеров приведены в табл. 2.12.



Рис. 2.16. Конструкции анкеров второго уровня

Таблица 2.12

Технические характеристики анкеров

Показатели	Типы анкеров					
	АСП	A20	A20B	АСО	ШК-1М	АКМ
Диаметр стержня, мм	20	20	20	20	20	16
Марка стали	Ст.3	Ст5	Ст5	Ст.3	Ст.3	Ст.3
Разрывное усилие, кН	95	150	160	95	95	70
Удлинение при максимальной нагрузке, %	6,4	1,2	1,2	6,4	6,4	8,7

*Анкерная крепь с неорганическим вяжущим*

Анкерная крепь с неорганическим вяжущим состоит из металлического стержня с опорной плиткой и гайкой, закрепляемого в шпуре посредством патронированного цементного монозакрепителя или его аналогов. В качестве стержня используются анкеры с периодическим профилем типа А20 (24) или А20В. Применение гладких стержней недопустимо.

В качестве средств закрепления может применяться патронированный монозакрепитель анкеров ПМА (НИИОМШС, г. Харьков), патронированный цементный закрепитель анкеров ПЦЗА, закрепитель анкеров патронированный ЗАМП. Они выполнены на основе неорганического вяжущего вещества и представляют собой гидроизоляцион-

ный быстросхватывающийся расширяющийся цемент, который расфасован в оболочки из нетканого материала, изготовленные путем сшивки. Перед установкой патрон погружается в воду питьевого качества на несколько секунд (как правило, 8–12 с), что позволяет насытить водой монозакрепитель для его отверждения в шпуре. Анкеры устанавливаются поступательно-вращательным движением, тем самым перемешивая насыщенный и ненасыщенный водой монозакрепитель.

В качестве средств закрепления используется цементно-песчаная или цементно-гравийная смесь на основе портландцемента марки 300–500. Нагнетание в шпур смеси производится низконапорными насосами.

В настоящее время на шахтах также накоплен опыт применения ампул «Celtite A.T.» производства Великобритании, ампул «Lokset HS» производства Польши, ампул производства КНР. Технические характеристики ампул приведены в табл. 2.13.

Таблица 2.13

## Технические характеристики полимерных ампул

Типы ампул	Диаметр, мм	Длина, мм	Время перемешивания, с	Время отверждения, с	Масса, г
АП	24–25	330, 400, 470	25–30	30–45	300–435
АП-У	24–25	330, 400, 470	15–20	15–25	300–435
АП-М	24–25	330, 400, 470	8–12	11–18	300–435
АКЦ-1	25	330, 400, 470	30–40	40–50	300–435
АКЦ-1У	25	330, 400, 470	15–25	26–32	300–435
АКЦ-1УН	25	330, 400, 470	8–15	15–22	300–435

*Анкерная крепь глубокого заложения (второй уровень)*

Под анкерной крепью второго уровня следует понимать систему гибких или составных стержней длиной более 3 м, устанавливаемых, как правило, вне зоны влияния подготовительного забоя.

Сталеполимерная анкерная крепь глубокого заложения ампульного закрепления состоит из металлического стержня с опорной плиткой и гайкой, закрепляемого в шпуре диаметром 27–30 мм посредством ампул с быстротвердеющими химическими составами на основе полиэфирных смол. Крепь предназначена для крепления горных выработок и их сопряжений, проводимых по углю и породам.

В качестве крепи могут использоваться анкеры из арматурной стали периодического профиля АС20, АС20В, гладкие цельные АСП, составные анкеры АСП-С и др. Длина применяемых анкеров варьируется от 3,0 м до 5,0 м. Для соединения стержней составных анкеров применяются муфты диаметром 28 мм, длиной 80–100 мм из стали Ст45, Ст40Х и др.

В качестве анкеров глубокого заложения могут применяться анкеры канатные полимерные АКП, которые изготавливаются из стального арматурного каната диаметром 15 мм со специальной навивкой на замковой части для перемешивания скрепляющего состава. Для натяжения анкера применяется клиновой замок, выполненный в виде конусной обоймы с двумя зажимными втулками.

В качестве средств закрепления применяются полимерные ампулы типа АКЦ-1у, АП или зарубежных производителей. Технические характеристики ампул приведены в табл. 2.13.

*Анкерная крепь глубокого заложения безампульного закрепления полимерными смолами*

Анкерная крепь глубокого заложения безампульного закрепления полимерными смолами состоит из анкера (полого гибкого стержня) и герметизатора; стержень закрепляется в шпурах диаметром 42–45 мм посредством нагнетания быстротвердеющего расширяющегося химического состава типа Беведол/Беведан. Крепь предназначена для крепления горных выработок и их сопряжений, проводимых по углю и породам, а также для пропитки нарушенных массивов горных пород в очистных забоях.

В качестве анкеров могут использоваться металлические, пластиковые, стеклопластиковые, капроновые и другие трубки диаметром 16–25 мм. Длина применяемых анкеров варьируется от 1,5 до 5,0 м.

Этот вид крепи получил широкое применение для упрочнения нарушенного угольного и породного массива.

*Анкерная крепь глубокого заложения безампульного закрепления цементно-песчаными смесями*

Анкерная крепь глубокого заложения (табл. 2.14) безампульного закрепления цементно-песчаными смесями состоит из анкера (отрезка каната или арматурного прутка), устанавливаемого в шпур диаметром 42–45 мм, в который предварительно нагнетается неорганическое вяжущее. Крепь предназначена для крепления и поддержания горных выработок и их сопряжений, проводимых по углю и породам.

В качестве анкеров могут использоваться стальные канаты и арматурные прутки диаметром 16–25 мм. Длина применяемых анкеров варьируется от 1,5 до 5,0 м.

В качестве скрепляющих составов могут применяться как специальные цементные смеси, так и обычные строительные смеси на основе портландцемента различных марок.

Таблица 2.14

## Технические характеристики анкеров глубокого заложения

Показатели	АСП-С(РМЗ, г. Осинники)	АС20В (Кузбасспромсервис, г. Новокузнецк)	АСП-24 (РМЗ, г. Осинники)	АКП (РМЗ, г. Осинники)	Канатный анкер (CarboTech Fosroc GmbH)
Диаметр стержня, мм	20	20	24	15	18
Удлинение при максимальной нагрузке, %	6,4	менее 1	6,4	4	4
Масса 1 м анкера, кг	2,8	2,8	3,9	1,1	1,6
Максимальная длина анкера, м	5,0	5,0	в зависимости от высоты выработки	любая	любая

### *Средства механизации возведения анкерной крепи*

Прогрессивность той или иной конструкции анкерной крепи определяется не только ее техническими свойствами, но и возможностью механизации процессов ее установки. Другими словами, работа по совершенствованию конструкции анкерной крепи должна рассматриваться неразрывно с вопросами механизации их возведения. В развитии средств механизации возведения анкерной крепи можно выделить четыре основных направления, по которым продолжают и в настоящее время совершенствоваться машины данного типа, это:

1. Создание ручных средств (инструментов) установки анкеров – пневматических или электрических сверл, перфораторов, различных насадок для затяжки гаек и т. д.

2. Создание средств, частично механизующих процесс установки анкеров на базе буровых кареток;

3. Создание средств, полностью механизующих все процессы установки анкеров;

4. Создание средств с дистанционным управлением, автоматизирующих весь комплекс работ по креплению выработки анкерной крепью.

Учитывая то обстоятельство, что операции по бурению занимает 50–60 % общего времени, затрачиваемого на анкерное крепление, средства первых двух направлений механизуют в основном операцию бурения шпуров. К таким средствам возведения анкерной крепи относятся электрические и пневматические сверла, переносные станки, перфораторы, самоходные машины.

Анкероустановщики выпускают зарубежные фирмы «Джой» (США), «Консолидейтед-Пневматик» (Великобритания), компания «Атлас-Копко» (Швеция) и др.

Характерной особенностью машин третьего направления является наличие бурильно-анкероустановочных модулей, навешиваемых на манипуляторы буровых машин. Каждый модуль состоит из бурильной машины, зарядного приспособления в случае установки адгезионных анкеров и анкероустановочного механизма. Типичной для этого класса машин является каретка РЕС 22М-ІВ фирмы «Секома». Она сконструирована для механизированного анкерного крепления в выработках средних и больших сечений. Машина позволяет механизировать следующие операции: бурение шпуров под анкеры; подачу в шпур связующих композиций в ампулах-патронах

или инъекционным путем; подачу в шпур армирующего стержня; установку и затягивание гайки.

*Конструктивные особенности анкероустановщиков*

Установка анкерного крепления УАК1 (рис. 2.17, табл. 2.15) предназначена для бурения шпуров в породе (вращательным способом) по забою, а также под анкерные болты и завинчивания их в шпур при проведении горизонтальных и слабонаклонных выработок буровзрывным способом. Установка может работать в шахтах опасных по газу и пыли, в том числе на шахтах, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

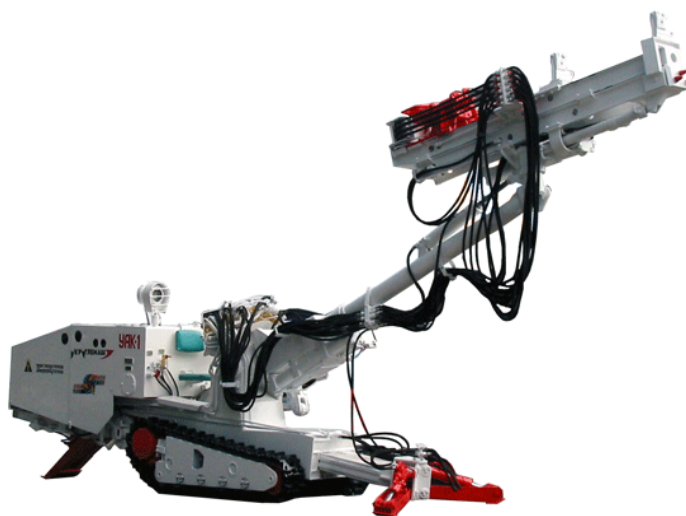


Рис. 2.17. Установка анкерного крепления УАК1

Конструктивные особенности:

- механизированы все операции бурения шпуров по забою при прохождении выработки буровзрывным способом, а также при возведении анкерной крепи;
- конструкция бурильного модуля, обеспечивающая веерное бурение шпуров по забою под анкеры в выработках арочного поперечного сечения без перемещения корпуса машины;
- гидравлические привода, обеспечивающие малошумную работу машины в выработках;
- применение гидравлической блокировки, исключающее возможность включения гусеничного хода при бурении и установке анкеров;
- аппаратура управления и диагностики, обеспечивающая местное управление машиной, контроль и визуальное отображение параметров основных узлов и систем машины;
- все узлы машины легкодоступны.

Таблица 2.15

## Техническая характеристика УАК1

Параметр	Значение
Диаметр разрушающего инструмента, мм	27–42
Техническая скорость бурения, м/ч, не менее	54
Крепость разрушаемых пород, МПа, не более	120
Диапазон регулирования рабочей скорости подачи, м/мин	0–4,7
Маневровая скорость подачи, м/мин, не менее	20
Частота вращения шпинделя бурильной головки, об/мин:	
- при бурении	500
- при закручивании гайки	125
Усилие подачи, кН, не менее	18
Ход податчика, м, не менее:	
- при длине 3100 мм	1,8
- при длине 3810 мм	2,5
Скорость перемещения машины, м/мин:	
- на прямых участках	20,4
- при маневрах	10,2
Энерговооруженность машины, кВт	18
Габаритные размеры в транспортном положении, м:	
- длина	8,8
- ширина	1,1
- высота	2,1
Масса, т	8,0

*Пневматические переносные анкероустановщики MQT*

Пневматические переносные анкероустановщики MQT (рис. 2.18, табл. 2.16) производятся китайской фирмой «Хэбайская промышленная групповая компания Цзикай», предназначены для бурения шпуров по углю и породам крепостью  $f$  до 10, установки и крепления анкеров.

Преимущества анкероустановщика MQT: высокая выходная мощность, высокая скорость бурения, удобный контроль и обслуживание расхода масла, специальный глушитель, позволяющий работать в комфортных условиях. Данная серия имеет семь моделей





Продолжение табл. 2.16

Параметры	MQT-70/1,8	MQT-85/2,2	MQT-90/2,3A	MQT-100/3,1	MQT-110/2,8	MQT-120/3,0	MQT-130/3,2
Усилие подачи стойки, кН	7,7/5,9/ 4,4	8,4/6,7/ 5,2	8,4/6,7/ 5,2	8,4/6,7/ 5,2	8,4/6,7/ 5,2	8,4/6,7/ 5,2	8,4/6,7/ 5,2
Скорости подачи при холостом ходе, мм/с	400	400	400	400	400	400	400
Выходная мощность, кВт	1,8	2,2	2,3	3,1	2,8	3	3,2
Число оборотов при холостом ходе, об/мин	> 160	> 220	> 230	> 180	> 230	> 240	> 240
Момент при макс. нагрузке, Н·м	> 150	> 210	> 220	> 170	> 220	> 230	> 230
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	2.8	3.2	3.2	3.8	3.6	3.8	3.8
Уровень шума, не более, дБ	90	90	90	90	90	90	90
Тип стойки, I / II / III	I/II/III	I/II/III	I/II/III	I/II/III	I/II/III	I/II/III	I/II/III
Вес, кг	44/46/48	44/48/50	46/48/50	45/47/49	48/50/52	48/50/52	48/50/52
Высота при макс. раздвижке, мм	2546/ 3026/ 3594	2540/ 3020/ 3588	2540/ 3020/ 3588	2566/ 3046/ 3614	2552/ 3032/ 360С	2552/ 3032/ 3600	2552/ 3032/ 3600

Анкероустановщик MQTV 70/1.7 (рис. 2.19) имеет преимущества: простое управление, быстрая установка в рабочее положение. По сравнению с портативным пневматическим буровым сверлом он имеет

больший вращающий момент и выходную мощность. Техническая характеристика данного анкероустановщика представлена в табл. 2.17.

Таблица 2.17

## Технические характеристики анкероустановщиков MQTB 70/1.7

Параметры	MQTB-70/1.7		
Рабочее воздушное давление, МПа	0,40	0,50	0,63
Номинальный крутящий момент, Н·м	45	70	90
Номинальное число оборотов, об/мин	200	240	270
Усилие подачи стойки, кН	4,0/3,0/2,1	5,0/3,7/2,6	6,4/4,7/3,3
Скорость подачи при холостом ходе, мм/с	>320	>400	>480
Мак. выходная мощность, кВт	0,94	1,7	2,5
Крутящий момент при старте, Н·м	86	100	125
Момент при макс. нагрузке, Н·м	80	95	110
Расход воздуха при нагрузке, м <sup>3</sup> /мин	2	2,5	3
Уровень шума, дБ	90		
Вес, кг	35		
Высота: макс./мин., мм	3055/1255		
Давление подачи воды, МПа	0,6-4,5		



Рис. 2.19. Анкероустановщик MQTB 70/1.7

Крепеустановщик гидравлический анкерный КГА-М (рис. 2.20) представляет собой агрегат, состоящий из: двух гидроцилиндров – главного 1 и вспомогательного 2, шарнирно соединенных между собой с помощью каретки 3 ползунков 4, 5 шарнира 6. К каретке 3 присоединен шток 7 цилиндра 2 и бурильный агрегат 8, состоящий из гидропривода 9, шпинделя 10, буровой штанги 11 с коронкой 12; системы управления, состоящей из рукояти 13 с рычагами управления 14 и 15, распределителя 16, коммуникаций 17 в виде высоконапорных рукавов и трубок. На рукояти расположен рычаг 18 управления системой промывки шпура и реакционный клапан 19 для управления очередности гидроцилиндра, работы гидроцилиндров 1 и 2. Гидроцилиндр 1 вместе со штоком 20 и опорой 21 являются опорной частью анкероустановщика, на другом конце цилиндра прикреплен люнет 22. В табл. 2.16 приведены основные технические характеристики анкероустановщика КГА-М.

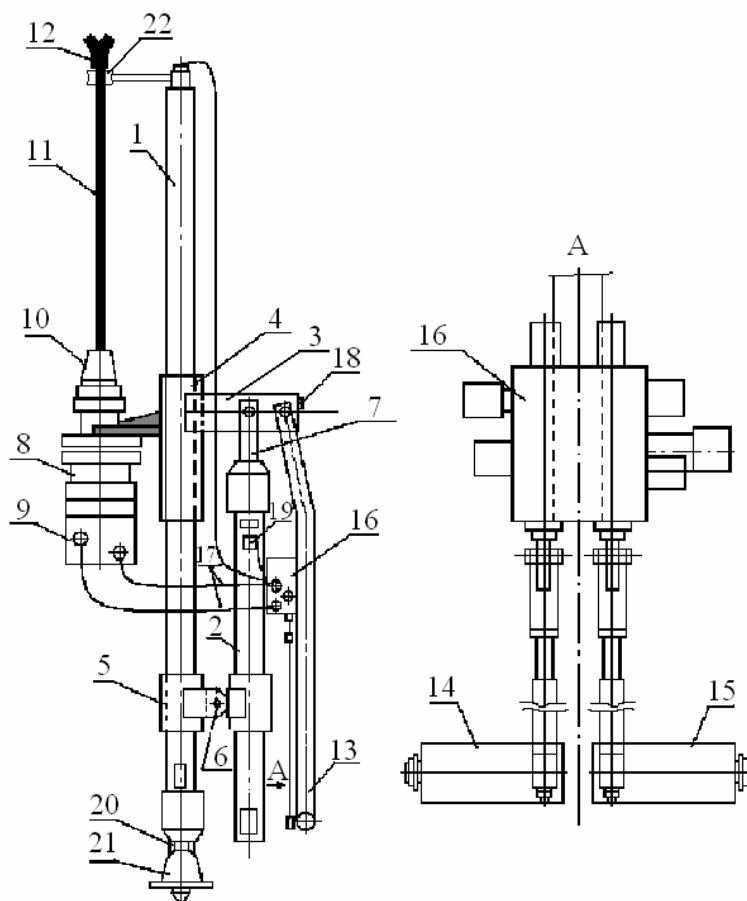


Рис. 2.20. Анкероустановщик гидравлический КГА-М

Конструкция анкероустановщика КГА-М позволяет бурить вертикальные и наклонные шпуры и эффективно устанавливать в них анкерные стержни с закреплением последних патронированными

ми быстротвердеющими составами. Наличие люнета обеспечивает забуривание шпура в любой точке по периметру выработки без дополнительных приспособлений, кроме того, повышает безопасность работ при анкероустановке пород кровли.

Таблица 2.18

## Техническая характеристика КГА-М

Показатели	Норма
Высота, мм	
- минимальная (в сдвинутом состоянии)	1588
- максимальная (в выдвинутом состоянии)	2936
Высота шпинделя гидропривода от почвы, мм	
- минимальная	1000
- максимальная	3000
Ход подачи каретки (гидропривода), мм	2000
Усилие подачи (одним гидроприводом), кг	1000–2000
Скорость подачи бурового инструмента, м/мин	0–3,0
Давление рабочей жидкости, МПа	16–20
Номинальная мощность гидропривода, кВт	6,0
Крутящий момент, Н·м	190

По скорости бурения шпуров анкероустановщик КГА-М не уступает импортным, а по усилию подачи и возможности установки анкерного крепления с применением ампул с более жесткими составами, чем смола – превосходит их. Конструкция анкероустановщика позволяет бурить шпуры под анкерные стержни одной штангой, тем самым сократить одну операцию (замена забурника на основную штангу). Длительность бурения и установки одного анкера составляет 4–6 минут.

Пневматическая бурильная установка с телескопической стойкой Супер Турбо Болтер (рис. 2.21, табл. 2.19) предназначена для вращательного бурения шпуров с промывкой водой в породах с крепостью на сжатие до 80 МПа ( $f = 8$ ) с последующей установкой сталеполлимерных или канатных анкеров.

Машина состоит из пневматического двигателя и бурового узла, установленного на телескопической стойке, которая может быть из двух или трех секций. Работа машины, включающая бурение, усилие подачи стойки и подачу воды, осуществляется с жесткой

ручки централизованного управления, которая соединена с головным блоком через распределительный штифт. Ручка позволяет оператору полностью управлять машиной, находясь вне непосредственной области бурения и под защитой уже закрепленного участка.



Рис. 2.21. Анкероустановщик типа Супер Турбо Болтер

Таблица 2.19

Техническая характеристика установки Супер Турбо Болтер

Параметры	Ед. изм.
Рабочее давление воздуха, бар	4,0–7,5
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	2,8–3,4
Давление воды, бар	14–28
Подача воды, л/мин	10–20
Усилие подачи при рабочем давлении 6 бар, кН:	
1 ступень	10,1
2 ступень	8,3
3 ступень	6,3
Вращение патрона, об/мин	550
Крутящий момент при запуске, Н·м	200
Максимальный крутящий момент, Н·м	350

Преимущества данного анкероустановщика являются:

- улучшенные рабочие характеристики;
- высокоскоростное бурение и установка анкера;
- эффективное усилие подачи – высокая производительность;
- двигатель с высоким крутящим моментом;
- варианты скорости вращения патрона;
- легкий вес;
- пониженный шум и вибрация;
- сбалансирован для удобства в обращении;

- имеются двух- и трехступенчатые машины;
- пригодны для установки анкеров и канатных анкеров;
- применение новейших износостойких, ударопрочных материалов, позволяющих продлить срок службы и повысить устойчивость к износу.

Анкероустановщик типа «RAMBOR» (рис. 2.22) представляет собой пневматическую бурильную установку с телескопической стойкой и предназначен для вращательного бурения шпуров с промывкой водой в породах с крепостью на сжатие до 80 МПа ( $f = 8$ ) с последующей установкой сталеполимерных или канатных анкеров.

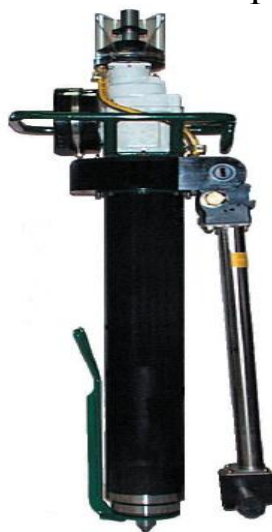


Рис. 2.22. Анкероустановщик типа «RAMBOR»

Машина состоит из пневматического двигателя и бурового узла, установленного на телескопической стойке, которая может быть из двух или трех секций. Работа машины, включающая бурение, усилие подачи стойки и подачу воды, осуществляется с жесткой ручки централизованного управления, которая соединена с головным блоком через распределительный штифт.

Анкероустановщик обеспечивает:

- высокоскоростное бурение и установку анкеров, в том числе канатных;
- эффективное усилие подачи;
- высокий крутящий момент;
- высокую производительность.

Ручка позволяет оператору полностью управлять машиной, находясь вне непосредственной области бурения и под защитой уже закрепленного участка кровли выработки.

### 2.1.12. Бурильные установки для проведения восстающих выработок в мягких породах

Станки бурильных установок предназначены для бурения и расширения скважин по углям с любой сопротивляемостью резанию, в том числе имеющим породные прослойки мощностью до 0,2 м и с коэффициентом крепости  $f \leq 5$ . Станки применяют в подземных выработках шахт любой категории по газу и пыли, опасных по внезапным выбросам угля и газа. Скважины бурят снизу вверх в крутых, наклонных и пологих пластах из основных и вспомогательных горных выработок сечением не менее 4 м<sup>2</sup>, а расширяют их сверху вниз под углом от 45 до 90° к горизонту [15].

Бурильная установка БГА-2М предназначена для бурения скважин диаметром 500, 850 мм и глубиной до 100 м различного назначения по углю, содержащему породные прослойки и включения колчедана. Бурильная установка БГА-4М (рис. 2.23) предназначена для бурения скважин диаметром 500, 850 и 1070 мм по углям любой крепости и по угольным пластам с породными прослойками мощностью до 0,2 м и с коэффициентом крепости  $f = 2-5$ .

Бурильная установка БГА-4М (см. рис. 2.23) состоит из бурового станка 5, маслостанции 4, бурового става 7 или 1, стоек 6, насосной установки 2 и станции управления 3.

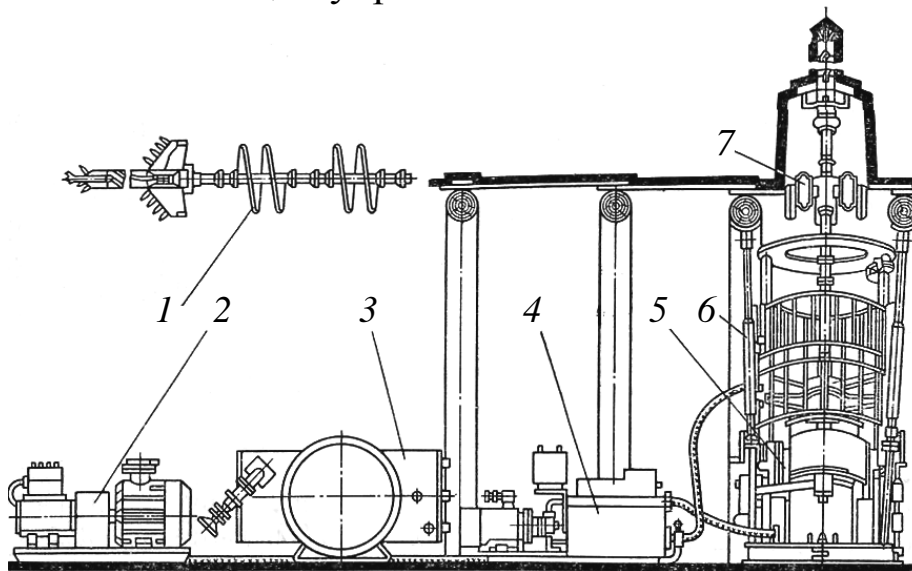


Рис. 2.23. Бурильная установка БГА-4М

Маслостанция служит приводом гидросистемы станка, насосная установка подает воду по пустотелому буровому ставу в забой скважины для пылеподавления. Управляют станком с пульта, расположенного на насосной станции.



Станок буровой установки БГА-2М (рис. 2.24) состоит из двухскоростного редуктора вращения 5, электродвигателя 6, гидродомкратов, бурового замка 13, отбойного ключа 9, подхвата 10 и параллелей 12, смонтированных на раме 4. Наклон станка относительно рамы выполняет гидродомкрат 1. Окончательный наклон на небольшой угол, а также фиксацию станка производят винтовыми стяжками 2. На верхнем конце параллелей 12 закреплен подхват 10, предназначенный для удержания бурового става во время установки или снятия штанг. Подвижное ограждение 8 рычагами шарнирно присоединено к параллелям и с помощью фиксатора устанавливается в положения «Открыто» и «Закрыто».

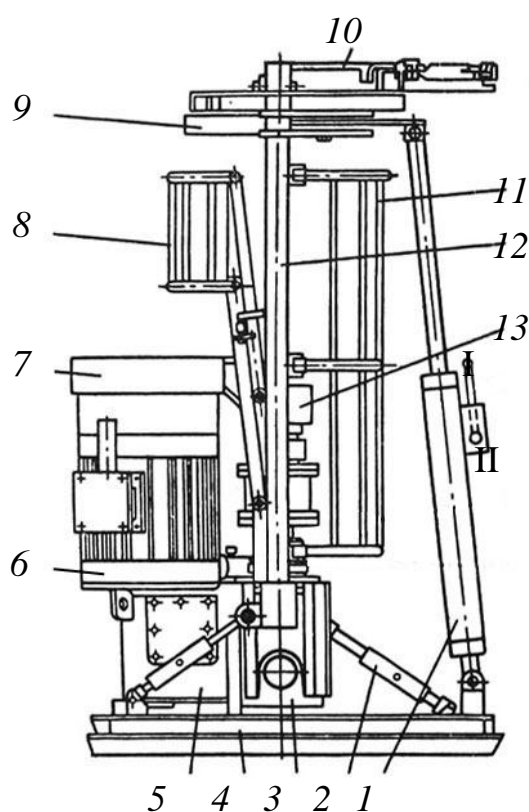


Рис. 2.24. Станок буровой установки БГА-2М

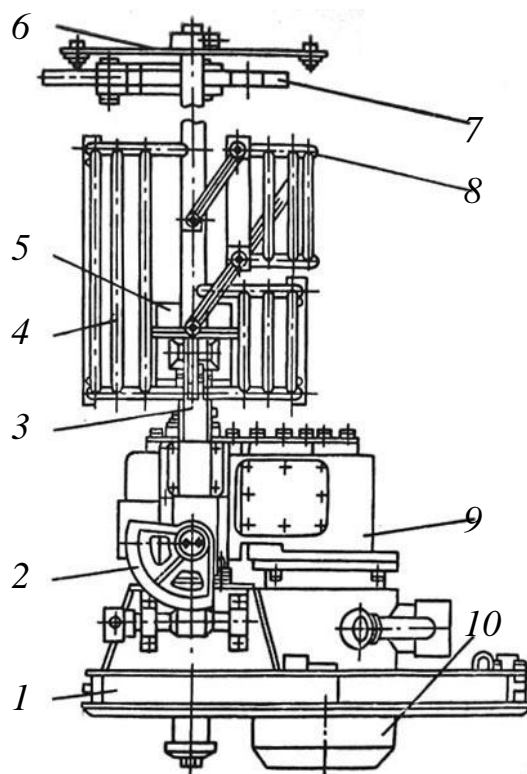


Рис. 2.25. Станок буровой установки БГА-4М

На подвижном ограждении закреплен магнито-герконовый датчик положения. В открытом положении подвижного ограждения контакты датчика размыкаются, разрывают цепь дистанционного управления, и двигатель вращения не включается. В закрытом положении контакты датчика замыкают цепь дистанционного управления, и двигатель вращения может быть включен. К параллелям 12 прикреплено неподвижное ограждение 11. Для наклона станка на

раме укреплен подшипник скольжения 3. Вентилятор двигателя 6 закрыт кожухом 7.

Станок буровой установки БГА-4М (рис. 2.25) состоит из рамы 1, червячного механизма 2 наклона станка, гидродомкратов 3 подачи, параллелей с неподвижным ограждением 4, бурового замка 5, подхвата 6, отбойного ключа 7, подвижного ограждения 8, двухскоростного редуктора 9 и электродвигателя 10. Наклон станка осуществляется посредством червячного механизма 2, а фиксация в установленном положении – стяжными муфтами, расположенными с противоположной стороны.

### 2.1.13. Бурильные установки для проведения восстающих выработок в крепких породах

Atlas Copco Robbins – это высокопроизводительные бурильные установки предназначены для проходки восстающих диаметром от 0,6 до 6,0 м и максимальной глубиной до 1400 м как в подземной горной промышленности. Компания поставляет для подземных горных работ установки 34RH, 44RH, 53RH, 73RH, 83RH, 91RH, 97RH, 123RH, 191RH (рис. 2.26) [12].



Рис. 2.26. Буровая установка компании Atlas Copco Robbins

Авторами разработаны и предложены 12 комплектов оборудования, рекомендуемых для применения в различных горно-геологических условиях.

## 2.2. Типы и типоразмеры проходческих комбайнов

Развитие технического прогресса на угольных шахтах, увеличение скорости подвигания фронта очистных работ, внедрение комплексной механизации технологических процессов и других мероприятий выдвигают повышенные требования к техническому уров-

ню проходческого оборудования. Горно-геологические и горнотехнические условия проведения подготовительных выработок на угольных шахтах России весьма разнообразны и изменяются не только в пределах одного региона, но и одной шахты. Различия в мощности и углах падения угольных пластов, способах вскрытия и нарезки шахтных полей, физико-механических свойствах вмещающих пород, в глубине залегания, водообильности и газовыделении определяют многообразие типов поперечных сечений, технологий и средств механизации при проведении подготовительных выработок.

Для комбайнового способа проходки выработок российскими заводами-изготовителями уделяется основное внимание созданию новой высокопроизводительной техники. В 2001 году предприятием ОАО «Копейский машиностроительный завод» ([www.kopemash.ru](http://www.kopemash.ru)) выпущен опытный образец проходческого комбайна КП21, а с 2003 года этот комбайн запущен в серийное производство. Всего с начала производства заводом к 2011 году реализовано 177 машин.

Динамика изменения парка проходческих комбайнов в ОАО «СУЭК-Кузбасс» свидетельствует о том, что с 2007 по 2012 годы количество комбайнов КП-21 возросло с 14,5 % до 52 %. За этот же период бригады ОАО «СУЭК-Кузбасс» с помощью этого комбайна интенсифицировали горноподготовительные работы с 228 м/мес до 830 м/мес. Высокая надежность комбайна КП21, простота в эксплуатации и обслуживании, эффективность и производительность, позволяют ему конкурировать с зарубежными аналогами.

Динамика объемов проходки выработок на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» показывает, что ежегодно проводится до 91809 м выработок, причем доля комбайнов КП21 с 2007 по 2012 годы возросла с 14,5 % до 42,4 %.

В современном комбайне КП21 внедрены лучшие отечественные и зарубежные технические решения в области горного машиностроения:

- увеличена в 1,5 раза скорость перемещения силовыми гидроцилиндрами исполнительных механизмов комбайна, в том числе и режущей коронки, за счет применения регулируемого аксиально-поршневого гидронасоса более высокой производительности;

- установлены регулируемые гидромоторы на привод механизма передвижения, взамен нерегулируемых, что позволило получить более высокую скорость перемещения комбайна до 10 м/мин;

- в приводах использованы высокомоментные гидромоторы, которые упростили конструкцию редукторов и улучшили их ремонтпригодность;

- на питателе предусмотрена возможность установки быстро-съемных нагребующих элементов в виде звезд или лап, что увеличивает производительность погрузки породы;

- для проведения выработок по угольным пластам, сечением до  $28 \text{ м}^2$ , на комбайн могут быть установлены угольная или породная режущие коронки, поставляемые по заказу потребителя;

- до 120 тыс.  $\text{м}^3$  увеличен ресурс работы комбайна до первого капитального ремонта.

### 2.2.1. Назначение и область применения комбайна КП21

Проходческий комбайн КП21 избирательного действия предназначен для механизации отбойки и погрузки горной массы при проведении горизонтальных и наклонных  $\pm 12^\circ$  горных выработок арочной, трапециевидной и прямоугольной форм сечения, площадью от 10 до  $28 \text{ м}^2$  (рис. 2.27, табл. 2.20), прочностью присекаемых пород на одноосное сжатие  $\sigma_{сж} \leq 100 \text{ МПа}$  и показателем абразивности до 15 мг по Л. И. Барону и А. В. Кузнецову, кусковатостью разрушенной горной массы не более 300 мм [16, 17].

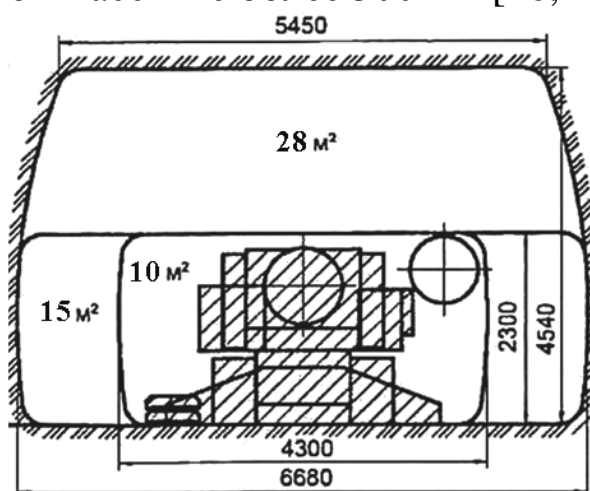


Рис. 2.27. Сечения выработок проводимых комбайном КП21

Комбайн имеет широкую область применения – от проходки штреков до использования его в качестве добычной машины. Перемещение по выработкам осуществляется гусеничными ходовыми тележками с приводом от гидромоторов. При обработке забоя устойчивость комбайна обеспечивается питателем, выполняющим функцию передней опоры и задними гидроопорами. Небольшие габариты

и малый вес обеспечивают хорошую маневренность и облегчают применение комбайна в стесненных условиях шахт.

Комбайном производится разрушение породы забоя и погрузка отбитой горной массы на ленточный или скребковый конвейеры или в вагонетки с помощью ленточного перегружателя.

Таблица 2.20

### Параметры проходческого комбайна КП-21

Наименование параметра, ед. изм.	Норма
1. Параметры комбайна	
1.1. Производительность по углю и породам до 60 МПа (присечка до 10–15 %), м <sup>3</sup> /мин	2,0
1.2. Производительность по углю и породам 70–80 МПа (присечка до 80 %), м <sup>3</sup> /мин	0,3
1.3. Суммарная мощность электродвигателей, установленных на комбайне, кВт	186,5
1.4. Номинальные параметры силовых цепей: - напряжение, В	660
1.5. Габаритные размеры в транспортном положении, мм	
- длина	12500
- ширина	2400
- высота	1850
1.6. Масса, т	45
2. Исполнительный орган	
2.1. Тип – стреловидный с резцовыми коронками: КПГ 35/КП21.11; КПГ 70/КП21.11; КПГ 35/КП21.21; КПГ 70/КП21.21	
2.2. Тип резцедержателя и форсунки – РШ 501/35.01 и КФ 20.000.А	
2.3. Тип резцов на коронке – (ПС 2-16) и количество, шт.	44
2.4. Частота вращения, об/мин	50
2.5. Диаметр по резцам, мм	960
2.6. Мощность электродвигателя (ВРПФВ250L4 ), кВт	110
2.7. Скорость резания, м/с	2
2.8. Ход выдвижения стрелы, мм	500
3. Питатель скребковый	
3.1. Тип – гидравлический, неповоротный с нагребующими лапами (или звездами)	
3.2. Частота вращения диска, об/мин	30
3.3. Ширина питателя, мм	2400/3400

Наименование параметра, ед. изм.	Норма
4. Ходовая гусеничная часть с гидроприводом	
4.1. Тип тормозов – кулачковые	
4.2. Ширина траковой цепи, мм	500
4.3. Скорость движения, м/мин	0–4
4.4. Тип гидромотора – 303.356.89.С3	
5. Скребковый конвейер	
5.1. Тип цепи – пластинчатая	
5.2. Ширина желоба, мм	550
5.3. Скорость движения скребковой цепи, м/с	0,9
5.4. Мощность электродвигателя (ВРПВ180М4), кВт	30
6. Гидросистема	
6.1. Тип насосов – 313.3.56	
6.2. Рабочее давление силовой магистрали, МПа	16
6.3. Мощность привода насосной станции, кВт	45
7. Система орошения	
7.1. Расход, л/с	5–8
7.2. Давление воды у форсунок, МПа	1,6–2,5

### 2.2.2. Общее устройство комбайна КП21

Проходческий комбайн КП21 (рис. 2.28) представляет собой самоходную гусеничную машину со стреловидным исполнительным органом.

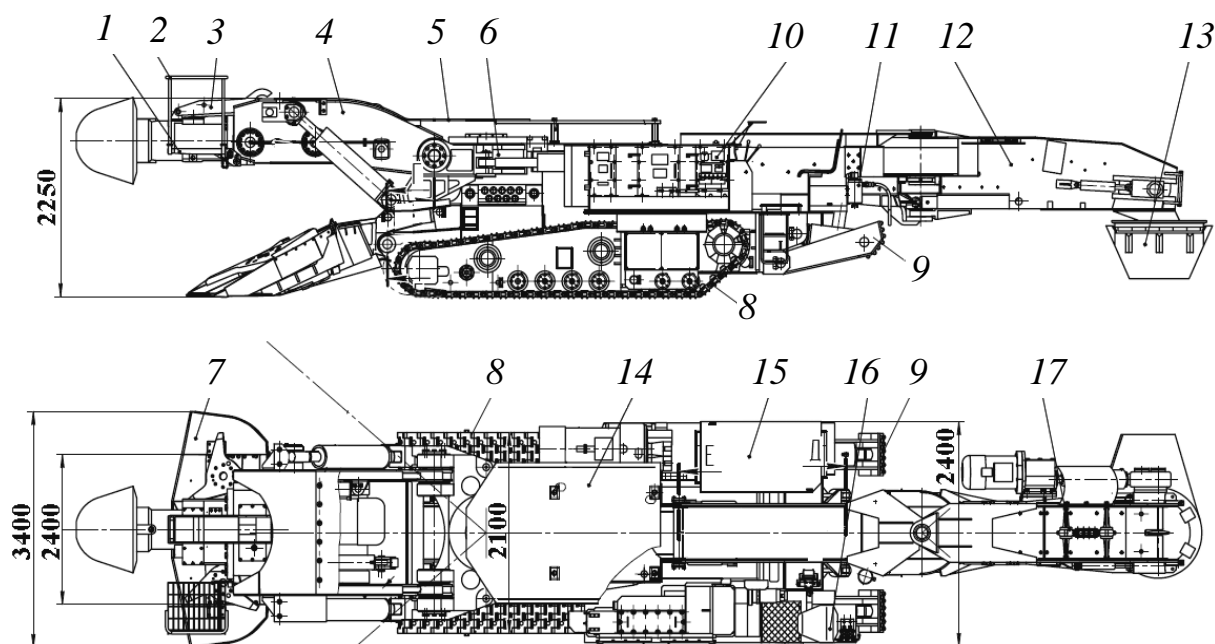


Рис. 2.28. Общий вид проходческого комбайна КП21

На стреле комбайна размещается платформа *1* с ограждением *2* и крепеподъемником *3*. На платформе может безопасно разместиться рабочий при креплении призабойной зоны выработки. Комбайн состоит из исполнительного органа *4*, кожуха *5*, подъемно-поворотного механизма *6*, питателя *7*, ходовой части *8*, двух аутригеров *9*, электрооборудования *10*, системы пылегашения *11*, конвейера *12* с приводом *17*, лотка *13*, перекрытия *14*, гидросистемы *15*, рабочего места машиниста *16*. Питатель *7* комбайна имеет два исполнения и может оснащаться двумя нагребующими лапами или двумя звездами. Конвейер *12* имеет поворотную концевую секцию, что обеспечивает погрузку на любой вид забойного транспорта.

*Исполнительный орган* (рис. 2.29, табл. 2.21) предназначен для разрушения породы забоя и контурного оформления поперечного сечения выработки.

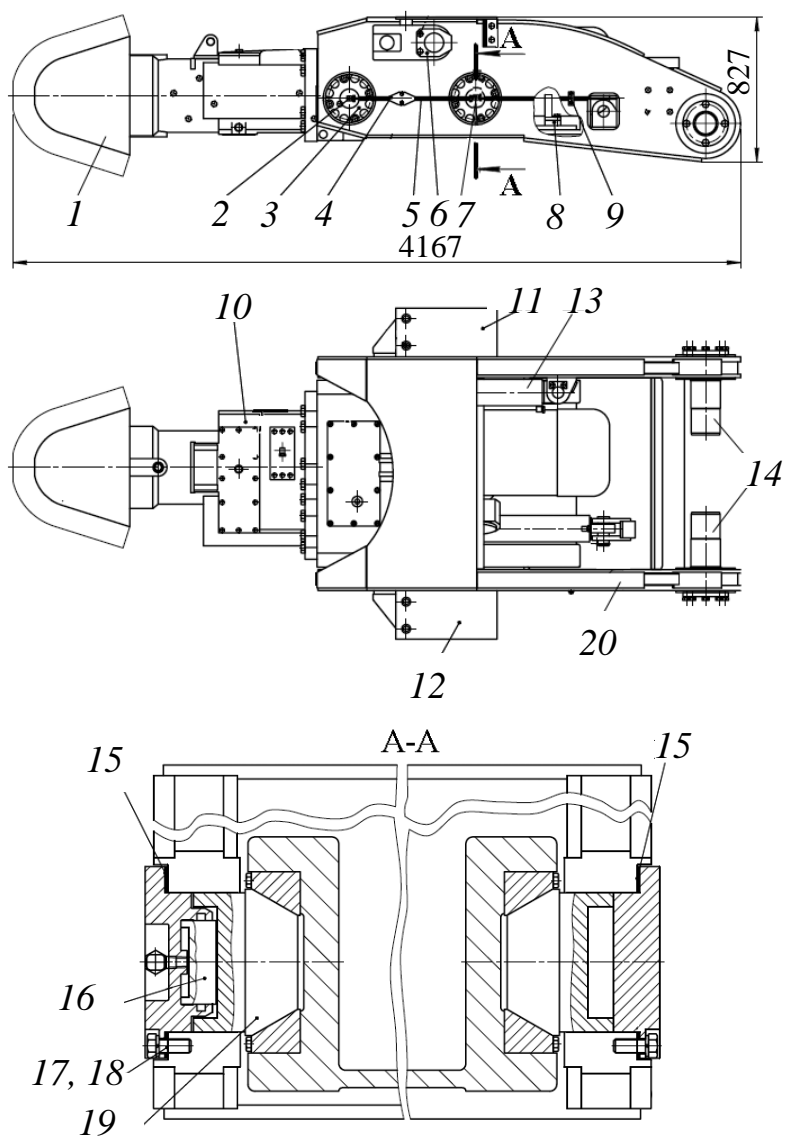


Рис. 2.29. Исполнительный орган

Исполнительный орган выполнен в виде телескопической стрелы 10 с продольной конической коронкой 1, оснащенной резцами.

С помощью гидродомкратов 13 стрела 10 выдвигается на 500 мм, что позволяет с одного положения гусеничного хода, без передвижения комбайна, обрабатывать забой выработки двумя циклами. Коронкой в первом цикле разрушается порода всей поверхности забоя, затем стрела выдвигается на 500 мм и аналогичным образом выполняется второй цикл. На исполнительном органе имеются четыре угольника 2, четыре гидропатрона 3, с помощью их поршней 16 и распоров 19 стрела 10 жестко фиксируется от осевого и поперечного смещения относительно двух балок 20, имеющих кожухи 11, 12. Введение в конструкцию исполнительного органа гидропатронов 3 исключает колебание коронки 1 в процессе разрушения породы забоя выработки, существенно снижает динамику работы коронки и режущего инструмента. Исполнительный орган подвешивается на осях 14 в поворотной турели, а к осям 6 закрепляются гидродомкраты подъема стрелы.

Таблица 2.21

## Устройство исполнительного органа

№ поз.	Наименование	Кол.	№ поз.	Наименование	Кол.
1	Коронка	1	11	Кожух	1
2	Угольник	4	12	Кожух	1
3	Гидропатрон	4	13	Гидродомкрат	2
4	Планка	2	14	Ось	2
5	Трубопровод	2	15	Прокладка	4
6	Ось	2	16	Гидропатрон	4
7	Тройник	2	17	Болт М 20	16
8	Опора двигателя	1	18	Шайба	16
9	Планка	2	19	Распор	4
10	Стрела	1	20	Балка	2

*Питатели* проходческого комбайна в двух исполнениях массой 3680 и 4000 кг представлены на рис. 2.30, 2.31. Как видно из рис. 2.32 и табл. 2.20, в питателе с нагребными звездами 11 и 12 базой конструкции является рама 18 с плитами 15 и 16, которая с помощью проушин 17 крепится к ходовой части комбайна. К раме 18 питателя крепятся левый и правый редукторы 2. Для увеличения ширины погружки с 2400 мм до 3400 мм предусмотрены уширители 9 и 10, а для



устранения просыпания породы – щитки *13* и *14*. Трехлучевые звезды *11* и *12* защищены износостойкими пластинами.

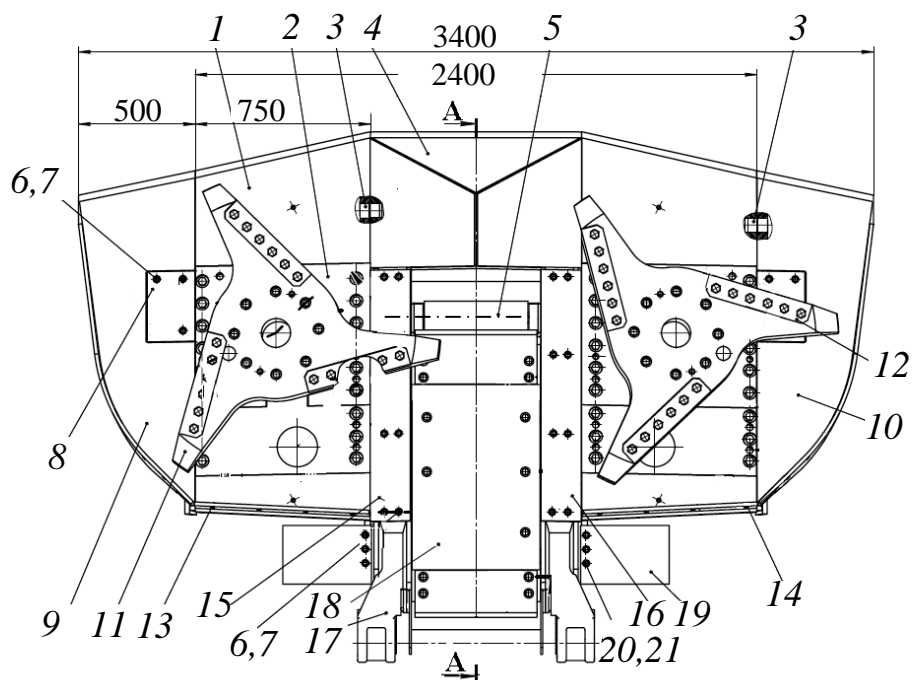


Рис. 2.30. Питатель КП.21.42.00.000

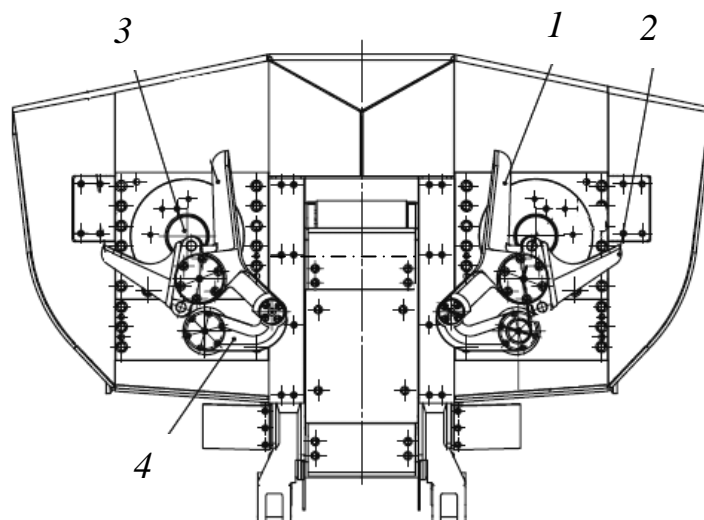


Рис. 2.31. Питатель КП.21.42.00.000-01

При вращении звезд обеспечивается загрузка породы на конвейер (на рисунке не показан), расположенный между плитами 15 и 16. Днище желоба 4, по которому транспортируется горная масса, упрочнено электролитно-плазменным способом для увеличения износостойкости и уменьшения шума.

Таблица 2.22

## Устройство питателя КП.21.42.00.000

№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
1	Стол	12	Звезда правая
2	Редуктор	13	Щиток левый
3	Штифт	14	Щиток правый
4	Желоб	15	Плита левая
5	Ролик обводной	16	Плита правая
6	Болт М 12	17	Проушина
7	Шайба	18	Рама
8	Пластина	19	Пластина
9	Уширитель левый	20	Болт М 12
10	Уширитель правый	21	Шайба
11	Звезда левая		

В конструкцию питателя с нагребными лапами (рис. 2.31) входят следующие основные детали и узлы: лапа 1, подлапник 2, редуктор 3, шатун 4.

*Ходовой механизм* (рис. 2.32) предназначен для передвижения комбайна и служит для установки на нем всех основных узлов: исполнительного органа, питателя, конвейера, гидросистемы, электрооборудования.

Ходовой механизм состоит из следующих основных деталей и узлов: двух тележек 1, двух аутригеров 2, гидродомкратов 3 и 4, плит 5 и 6, опоры 7, рамы 8, гидродомкратов 9 и 10, насосной станции 11, гидродомкратов 12 и 14, турели 13. Рама тележки 1 – сварная конструкция, в передней части которой имеются пазы для установки вилки натяжного колеса и механизма натяжения гусениц. Он состоит из конической зубчатой передачи и кинематически связанной с ней винтовой передачей. К раме тележки крепятся два редуктора правой и левой гусеницы ходовой части.

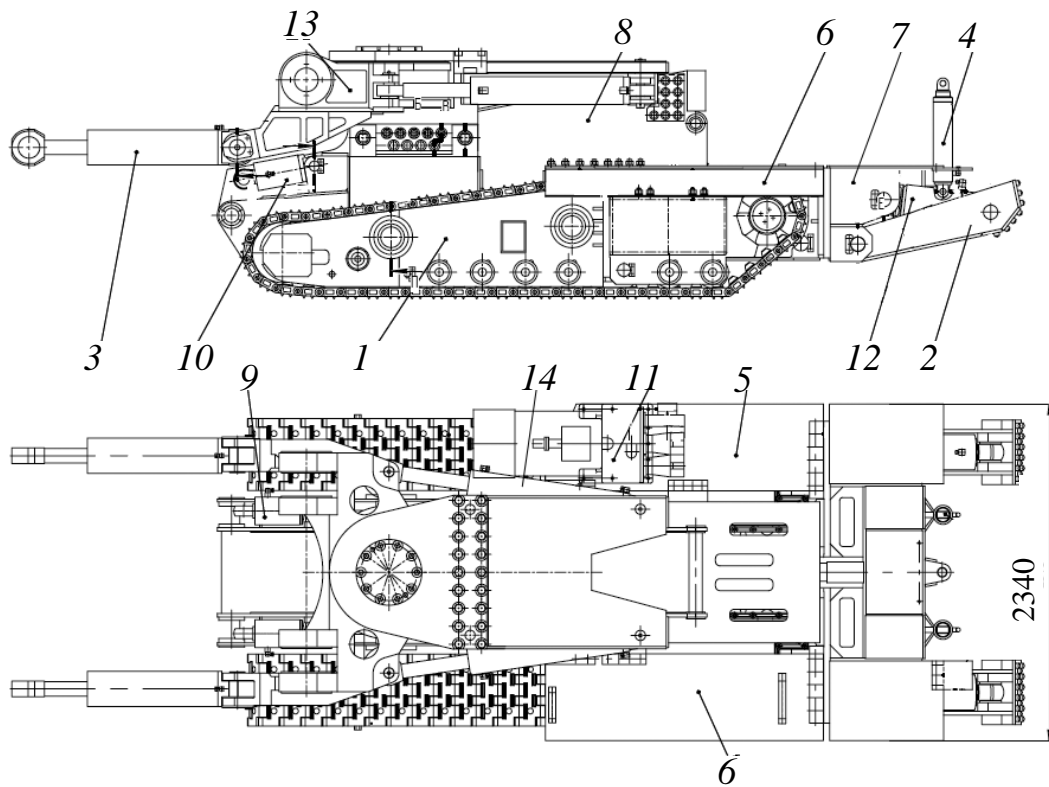


Рис. 2.32. Ходовая часть

*Конвейер* (рис. 2.33, табл. 2.23) предназначен для транспортирования отбитой горной массы от погрузочного органа и выгрузки ее на штрековые транспортные средства.

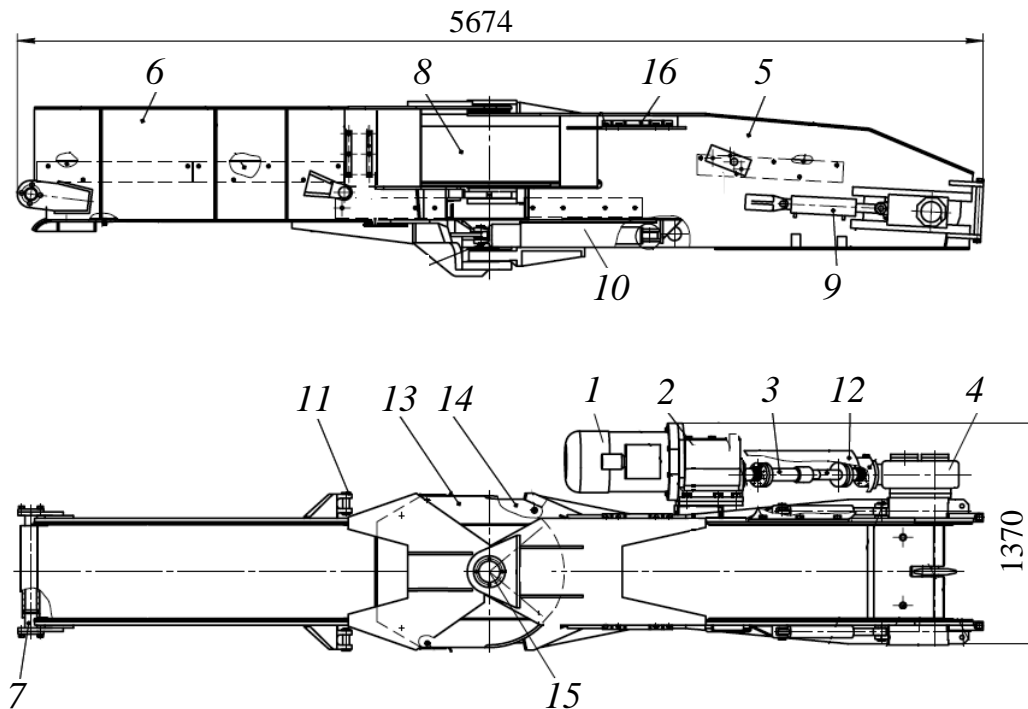


Рис. 2.33. Конвейер

## Устройство конвейера

№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
1	Двигатель	9	Гидродомкрат
2	Редуктор	10	Гидродомкрат
3	Вал промежуточный	11	Ось
4	Головка приводная	12	Кожух
5	Рама хвостовая	13	Лист верхний
6	Рама стола	14	Лист нижний
7	Ось	15	Втулка
8	Борт	16	Кронштейн

Конструктивно конвейер выполнен подъемно-поворотным. Он состоит из двигателя 1, редуктора 2, промежуточного вала 3, приводной головки 4, хвостовой рамы 5, рамы стола 6, оси 7, борта 8, гидродомкратов 9 и 10, оси 11, верхнего 13 и нижнего 14 листов, втулки 15 и кронштейна 16. Рама стола 6 и рама хвостовая 5 представляют собой сварные конструкции коробчатого сечения и упрочнены износоустойчивой наплавкой. По мере износа листы могут заменяться. Наличие гидродомкратов 9 и 10 позволяет регулировать высоту подъема конвейера и горизонтальный поворот его хвостовой части.

Приводная головка 4 обеспечивает натяжение скребковой цепи с помощью гидродомкратов 9. Привод конвейера состоит из редуктора 2, который установлен на хвостовой раме 5 и телескопическим шлицевым валом 3 соединен с редуктором приводной головки 4. Привод осуществляется от электродвигателя ВРПВ180М4 мощностью 30 кВт.

Скребковая цепь (рис. 2.34) состоит из отдельных скребковых и соединительных звеньев: скребок 1, ось 2, шплинт 3, планка 4, серьга 5. Разрушающая нагрузка цепи не менее 43 т.

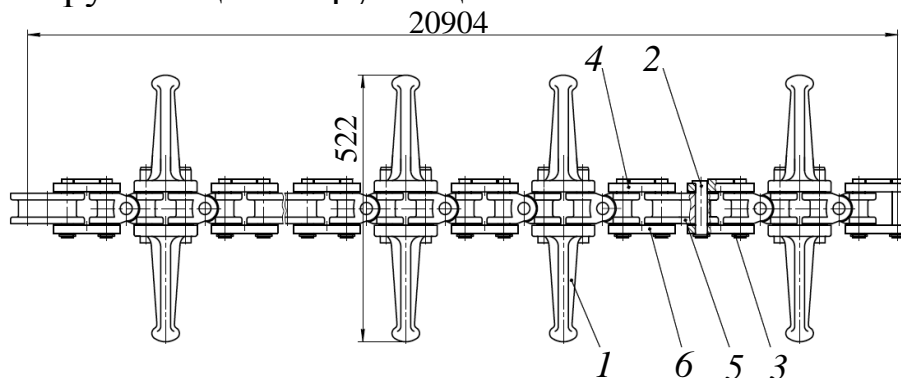


Рис. 2.34. Скребковая цепь

В настоящее время компания «МВМ», г. Юрга, освоила производство проходческих комбайнов СМ-130К, которые эксплуатируются на шахтах Кузбасса и имеют следующие основные отличия от аналогов:

- жесткий исполнительный орган оснащен двигателем 150 кВт с водяным охлаждением и двумя аксиальными резцовыми коронками;
- высокоэффективный механизм секторного орошения для пылегашения с подводом воды через специальные каналы в след резца под углом  $120^\circ$  в направлении резания.

### 2.2.3. Общее устройство проходческого комбайна СМ-130К

Проходческий комбайн СМ-130К, аналогом которого является зарубежный комбайн серии АМ-65(АМ-50), производится в г. Юрга. Комбайн СМ-130К предназначен для механизации разрушения, загрузки, транспортирования отбитой горной массы при проведении горизонтальных и наклонных ( $\pm 18^\circ$ ) горных выработок арочной, трапециевидной и прямоугольной форм сечения забоя до  $19 \text{ м}^2$  по углю и смешанному забою с максимальным пределом прочности присекаемых пород до 80 МПа в условиях шахт, опасных по газу и пыли. Техническая характеристика комбайна представлена в табл. 2.24.

Таблица 2.24

Параметры проходческого комбайна СМ-130К

Наименование параметра	Норма
1. Параметры комбайна	
1.1. Производительность по углю и породам до 60 МПа (присечка до 10–15 %), $\text{м}^3/\text{мин}$	1,8
1.2. Производительность по углю и породам 70–80 МПа (присечка до 80 %), $\text{м}^3/\text{мин}$	0,35
1.3. Суммарная мощность электродвигателей, установленных на комбайне, кВт	232,5
1.4. Номинальные параметры питающей сети: - напряжение, В - частота тока, Гц	660(+66/-99) 50
1.5. Габаритные размеры в транспортном положении, не более, мм длина: - с поворотным ленточным перегружателем - без поворотного ленточного перегружателя	12800 8050
ширина: - с расширителями погрузочного лотка	3000
- без расширителей по задней балке	2510
высота	1790
1.6. Масса, т	32

Продолжение табл. 2.24

Наименование параметра	Норма
2. Орган исполнительный	
2.1. Тип – стреловидный с двумя поперечными резцовыми коронками	
2.2. Тип резцов – R65.30.001, R65.30.002, G48S91-18S, PШ30-75/17,5 (Øп = 30 мм)	
2.3. Количество резцов на каждой коронке, шт.	44
2.4. Частота вращения, об/мин	65
2.5. Диаметр по резцам, мм	850
2.6. Заглубление коронки ниже опорной поверхности гусениц, мм	150
2.7. Мощность электродвигателя (АКВ250L4Г), кВт	150
3. Питатель	
3.1. Тип – неповоротный, опорный с загребающими лапами (или вертушками), с приводом от скребкового конвейера	
3.2. Частота вращения загребных устройств, об/мин	35
3.3. Заглубление питателя ниже опорной поверхности гусениц, мм	150
3.4. Подъем питателя выше опорной поверхности гусениц, мм	350
4. Ходовая часть	
4.1. Тип – гусеничная, самоходная с индивидуальным гидроприводом левой и правой тележек	
4.2. Ширина траковой цепи, мм	520
4.3. Скорость движения, м/мин	0–6
4.4. Мощность привода, кВт	30
5. Конвейер	
5.1. Тип скребковый с круглозвенной цепью	9×64,5
5.2. Ширина желоба, мм	440
5.3. Скорость движения скребковой цепи, не менее, м/с	1
5.4. Производительность, т/мин	5,5
5.5. Мощность ЭД (ВРП 160) привода, кВт	30
6. Гидросистема	
6.1. Рабочее давление, МПа	
- контур управления	3,5
- рабочий контур	28
6.2. Емкость гидросистемы, л	300
6.3. Рабочая жидкость ИГП-38 (И-Г-С-68) ТУ 38.101413-78, сСт	61–75
6.4. Мощность ЭД (ВРП 200) привода насосной станции, кВт	45

Наименование параметра	Норма
7. Система орошения	
7.1. Производительность, л/мин	40
7.2 Давление воды у оросителей, МПа	3,0–4,0
7.3 Мощность ЭД (АВР132) привода насосной станции, кВт	7,5

Комбайн СМ-130К (рис. 2.35) имеет широкую область применения – от проходки штреков до использования в качестве добычной машины. Передвижение по выработкам осуществляется гусеничными ходовыми тележками с приводом от гидромоторов. При обработке забоя устойчивость комбайна обеспечивается питателем, выполняющим функцию передней опоры, и задними гидроопорами. Простота разборки, низкая высота и малый вес облегчают применение комбайна в стесненных условиях шахт.

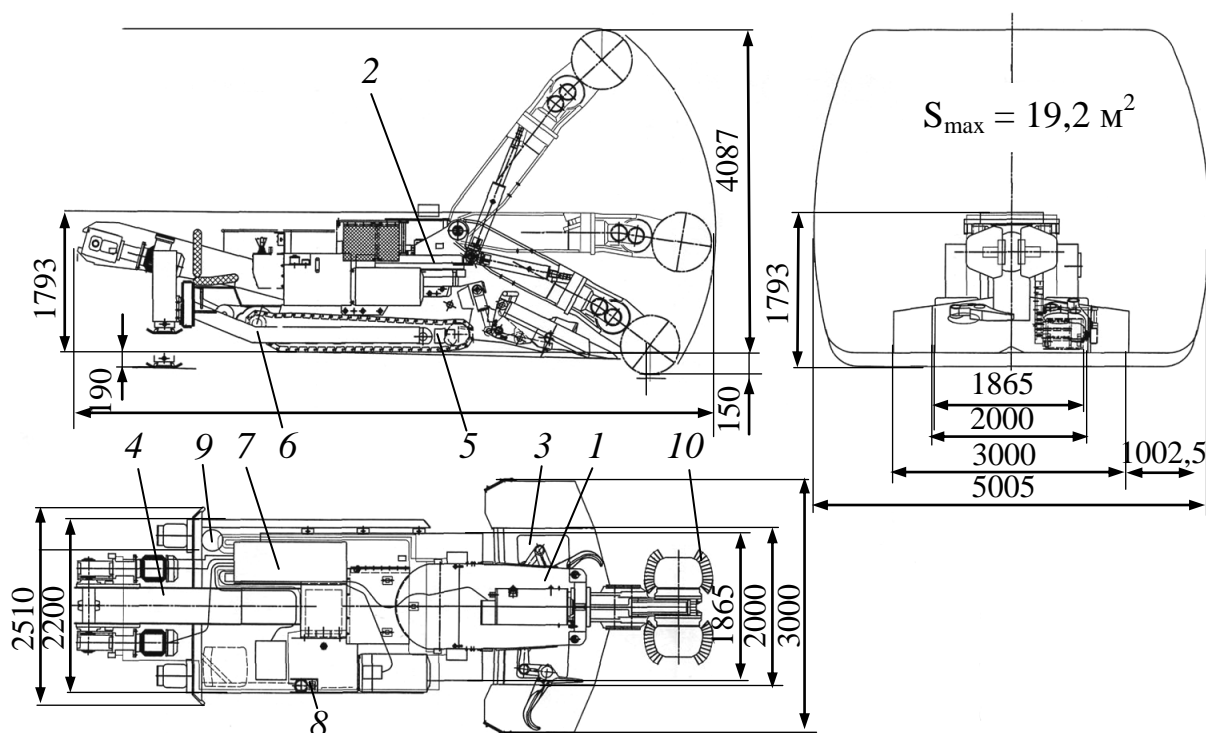


Рис. 2.35. Общий вид проходческого комбайна СМ-130К

Конструкция комбайна позволяет производить погрузку отбитой массы на шахтные транспортные средства: ленточный или скребковый конвейера, в вагонетки благодаря дополнительному навесному ленточному перегружателю.

Проходческий комбайн СМ-130К (рис. 2.35) состоит из следующих основных узлов: исполнительного органа 1, поворотного

механизма 2, погрузочного устройства 3, скребкового конвейера 4, гусеничной ходовой части 5, рамы 6, электрооборудования 7, гидрооборудования 8, системы смазки 9, системы орошения 10.

*Основные отличия конструкции комбайна от аналогов:*

- жесткий исполнительный орган оснащен двигателем 150 кВт с водяным охлаждением и двумя аксиальными резцовыми коронками;
- высокоэффективный механизм секторного орошения для пылегашения с подводом воды через специальные каналы в след резца;
- центральный цепной скребковый конвейер, обеспечивающий работоспособность в условиях повышенного износа, с расширенной загрузочной частью;
- ходовая часть с шириной траков 520 мм и независимыми гидроприводами для максимальной маневренности машины при работе на участках с большими уклонами и слабыми почвами;
- задние домкраты с опорой на почву для повышения устойчивости машины;
- питатель, выполняющий функции передней опоры;
- скребковый конвейер взаимосвязан с поворотным ленточным перегружателем, что позволяет использовать комбайн при различных направлениях погрузки горной массы в проходимых выработках;
- двухконтурная гидросистема с насосом, автоматически изменяющим расход масла в соответствии с уровнем нагрузки в гидроприводе исполнительных механизмов;
- система смазки обеспечивает постоянную подачу консистентной смазки в ответственные узлы трения;
- система орошения дополнительно выполняет функцию охлаждения гидросистемы и электродвигателя исполнительного органа;
- пульт управления с возможностью проведения электронной диагностики отказов;
- комбайн может дополнительно оснащаться навесным ленточным перегружателем, позволяющим комбайну передвигаться на длину до 20 м без передвижения хвостовой секции ленточного конвейера.

*Исполнительный орган* (рис. 2.36) предназначен для разрушения забоя и оформления формы сечения выработки. Он состоит из редуктора 1, двух резцовых коронок 2, промежуточного фланца 3, рамы 4, электродвигателя 5, защитного кожуха 6.



Резцовые коронки 2 крепятся на редуктор 1 при помощи разжимных колец. Наряду с преимуществом легкой сборки и демонтажа, это соединение создает защиту от механических перегрузок. С торца резцовых коронок установлены блоки секторного орошения, распределяющие водяной поток по резцам строго под углом  $120^\circ$  в направлении резания.

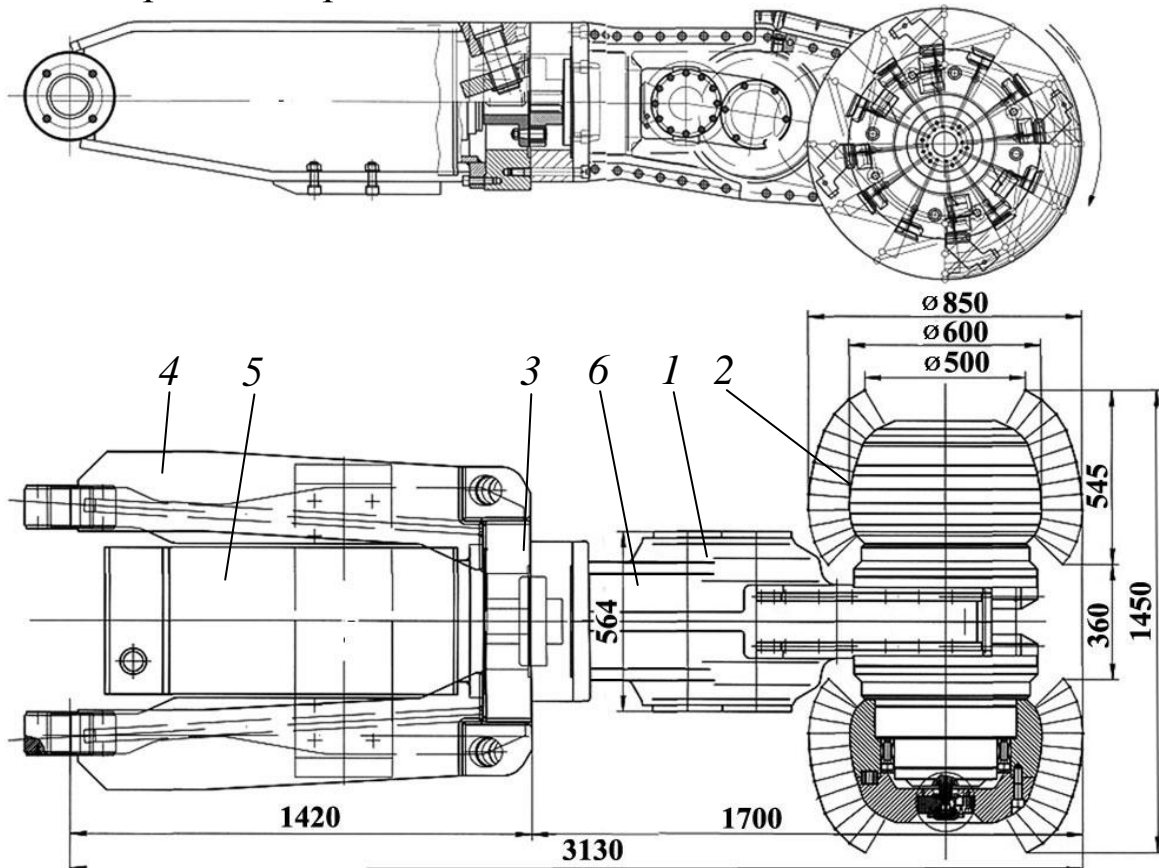


Рис. 2.36. Исполнительный орган проходческого комбайна СМ-130К

Перед подачей на резцовые коронки вода проходит контур в рубашке охлаждения электродвигателя.

Рама 4 исполнительного органа представляет собой сварную металлоконструкцию, состоящую из двух балок, соединенных между собой промежуточным фланцем 3.

Электродвигатель комбайна АКВ250Л4Г с водяным охлаждением (мощность  $N = 150$  кВт; число оборотов  $n = 1500$  об/мин).

Редуктор с двумя аксиальными (поперечными) резцовыми коронками с передаточным отношением  $u = 22,5$  и частотой вращения коронок  $n = 65$  об/мин. На каждой коронке диаметром 850 мм устанавливается 44 резца. Количество заливаемого в редуктор масла типа TEBOIL PRESSURE – 45 л.

*Погрузочное устройство* (рис. 2.37) предназначено для погрузки отбитой горной массы на скребковый конвейер и представляет собой погрузочный лоток с двумя редукторами, снабженными загребными лапами. Состоит из приемного лотка 1, двух расширителей 2, двух гидроцилиндров подъема 3, двух редукторов 4, двух нагребных лап 5 и защитного кожуха 6.

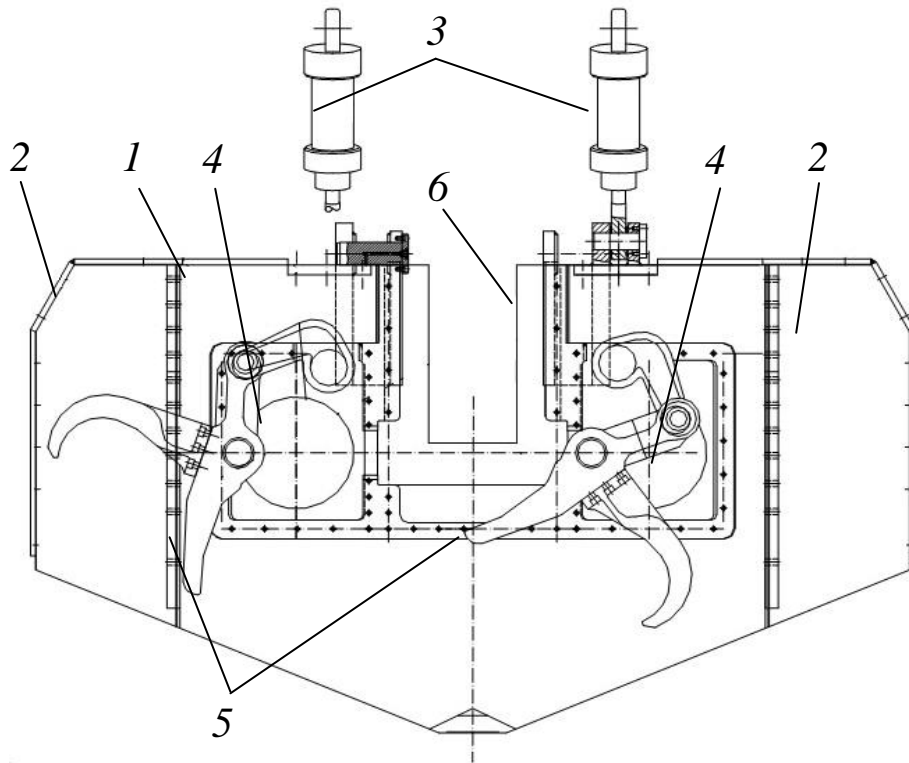


Рис. 2.37. Погрузочное устройство

При опускании на почву приемный лоток становится дополнительной опорой, повышающей устойчивость комбайна при разрушении забоя. Расширители позволяют увеличить ширину погрузочной части до 3 м. Для предотвращения пересыпания породы с приемного лотка предусмотрены стальные ограждения.

С целью увеличения срока службы рабочие поверхности защищены специальными наплавками или листами из износостойкого материала «Hardox». Привод редукторов осуществляется от ведомого вала конвейера через кулачковые муфты. В центральной части приемного лотка установлен кожух, защищающий ведомый вал конвейера и трубопроводы системы смазки от повреждений крупными кусками породы.

С помощью гидродомкратов приемный лоток имеет возможность подниматься на 350 мм и опускаться на 150 мм относительно уровня почвы.

### 3. ГОРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ОТКРЫТЫХ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

#### 3.1. Типы буровых станков

Наиболее часто для бурения шурфов применяются самоходные установки УБСР-25 (рис. 3.1), ПБУ-50 и другие [1, 2, 18–23].

Установка УБСР-25 используется для бурения скважин и шурфов диаметром 0,4–0,8 м в рыхлых, малоплотных и обводненных породах при разведке россыпных месторождений золота, янтаря, алмазов в труднопроходимых районах с холмистой и лесистой местностью. Для этого она смонтирована на трелевочном тракторе ТТ-4.

Вращение буров обеспечивается ротором 4 посредством буровой колонны. Наряду с вращательным бурением установка УБСР-25 обеспечивает и ударное бурение, для чего ее лебедка снабжена ударным механизмом. Для обеспечения спускоподъемных и других операций используется телескопическая мачта 3.

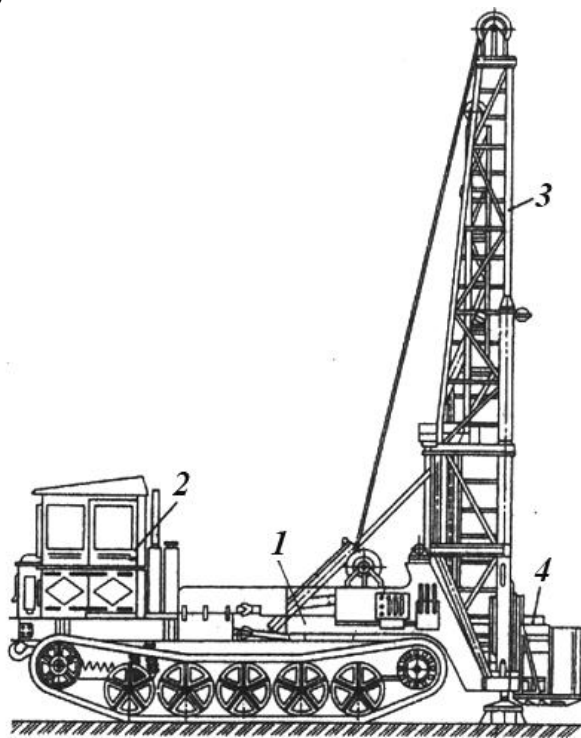


Рис. 3.1. Бурильная установка УБСР-25: 1 – буровой станок; 2 – ходовая база (трактор ТТ-4); 3 – мачта; 4 – ротор установки

В комплект инструмента, который перевозится на прицепе санного типа, входит ковшовый бур и колонковая приставка для разбуривания пропластков пород средней крепости (монтируется вместо днища ковшового бура), ударное долото для дробления пропластков после колонкового бурения или для разрушения крупных

(размером более 200 мм) валунов, шнековый бур для бурения в устойчивых (плотных) породах. Кроме этого установка снабжена буровыми и обсадными трубами, «сухарями» для соединения буровых труб, роторной вилкой, «башмаком» для спуска и подъема обсадных труб, элеватором для буровых труб и ведущей штангой.

### 3.1.1. Устройство шурфобуров

Шурфобуры имеют на практике разные конструкции [2, 5].

Основным рабочим органом дисковых шурфобуров (рис. 3.2) является стальной диск *1*, имеющий диаметр, равный диаметру шурфа, имеющий две радиальные прорези *2*, под которыми устанавливаются наклонные режущие ножи *3*. В центре бура закрепляется опережающее долото *4*.

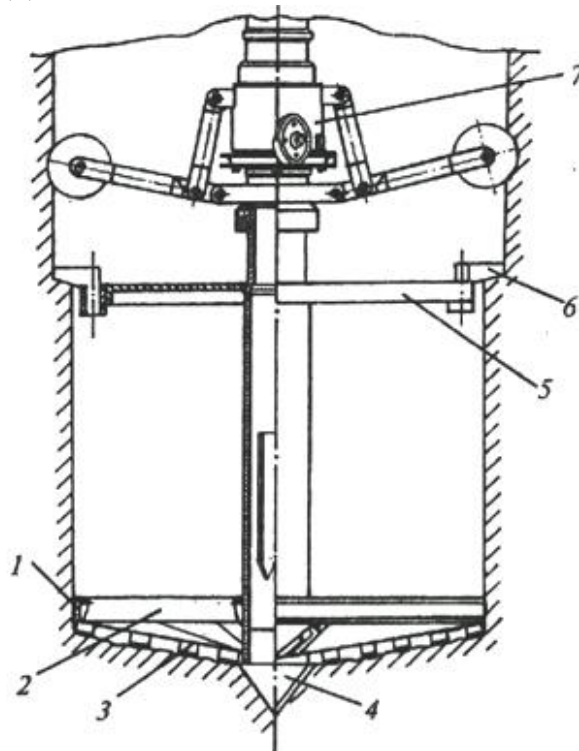


Рис. 3.2. Дисковый шурфобур

Целесообразной областью применения шурфобуров этого типа является проходка глубины шурфов в рыхлых малообводненных породах глубиной до 15 м. Разгрузка шурфобура от породы осуществляется за счет центробежных сил, возникающих при его быстром вращении, вручную или за счет использования отвального лемеха. При наличии расширителя *5* с ножами *6* можно бурить шурфы диаметром от 0,7 до 1,2 м. Фиксатор *7* позволяет перемещать шурфобур по буровой колонне.

Рабочим органом шнековых шурфобуров (рис. 3.3) является труба 1 со шнеком 2, к нижней кромке которых крепятся ножи 3. Шнек снабжается опережающим долотом 4. Однозаходные шнеки целесообразно использовать при бурении шурфов в мягких и плотных породах, двухзаходные – в рыхлых сыпучих породах. Простые одно- и двухзаходные шнекобуры при наличии на буре устройства 5 для его фиксации и перемещения по колонне буровых труб обеспечивают бурение шурфов глубиной до 10–20 м и диаметром 0,5–1,3 м.

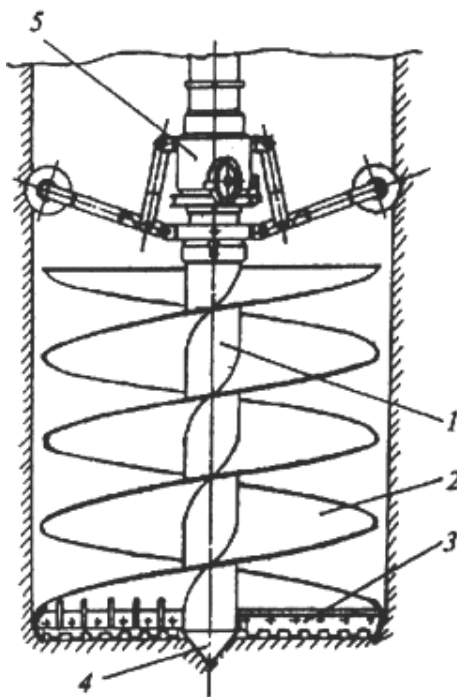


Рис. 3.3. Шнековый шурфобур

Корпус 2 ковшовых буров (рис. 3.4) выполнен в виде пологого цилиндра, в днище 3 которого имеются окна 5 и установлены ножи 4. По сравнению с дисковыми и шнековыми ковшовые шурфобуры приспособлены для бурения в сыпучих и обводненных породах. Фиксатор бура 1 позволяет перемещать бур по колонне. Глубина бурения шурфов при диаметре от 0,5 до 0,8 м может достигать 25 м.

Ковшовые буры целесообразно использовать при разведке россыпных месторождений и строительных материалов.

При проходке шурфов в сложных геологических условиях ковшовые буры оснащают расширителями, что позволяет крепить выработку.

В породах, содержащих значительное количество гальки, гравия или валунов, лучшие результаты показывает бурение с креплением грейферными шурфобурами.

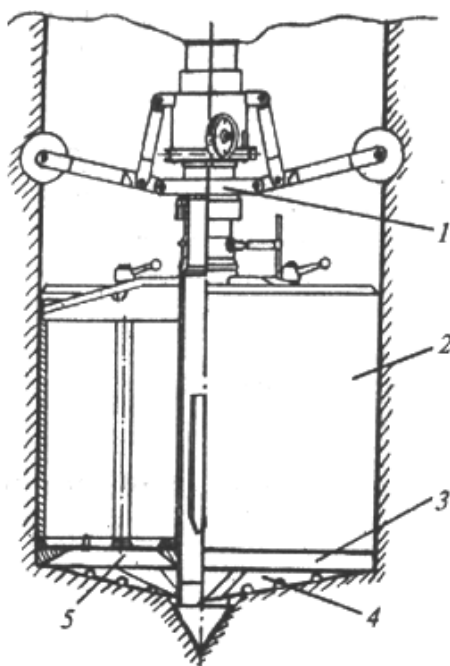


Рис. 3.4. Ковшовый бур

Грейферные шурфобуры (рис. 3.5) работают следующим образом. В рыхлых породах внедрение «челюстей» 1 грейфера 3 в породу осуществляется под действием осевой нагрузки, передаваемой через буровую колонну 4, а смыкание «челюстей» – при вращении буровой колонны. В плотных породах (глинах, суглинках и галечниках) внедрение «челюстей» грейфера осуществляется при его поступательном движении и вращении по часовой стрелке, а смыкание – при вращении против часовой стрелки, за счет ходового винта 2. Грейферные буры целесообразно использовать для проходки шурфов диаметром 0,7–1,0 м и небольшой глубиной до 5–7 м.

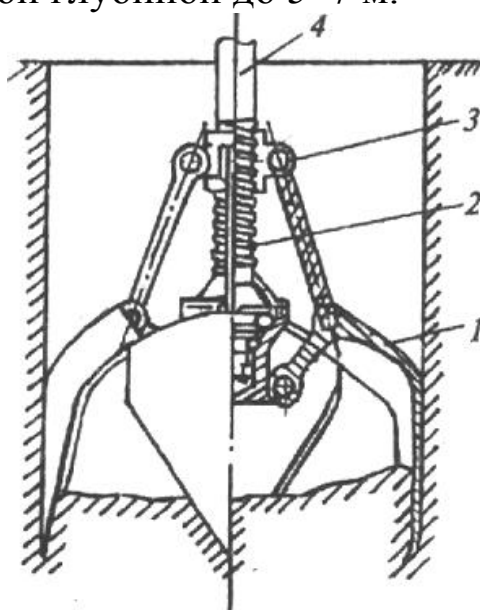


Рис. 3.5. Грейферный бур

Кроме буров такой конструкции используются также напорные грейферы, обеспечивающие проходку шурфов квадратного и круглого сечения глубиной до 10–15 м (установка УГШН-15).

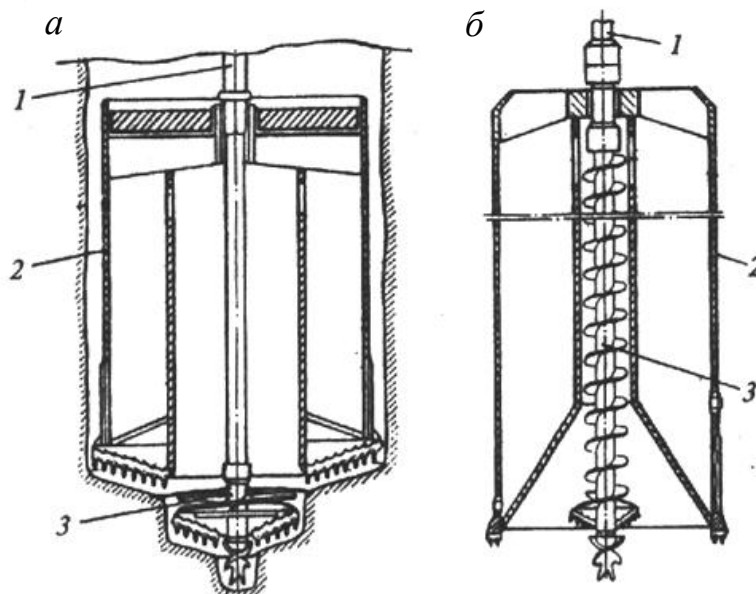


Рис. 3.6. Аккумулярующие буры циклического (*а*) и непрерывного (*б*) действия: 1 – буровая труба; 2 – корпус бура; 3 – шнек

Аккумулярующие шурфобуры (рис. 3.6) используют для бурения шурфов и устьев шахтных стволов. При этом разрушенная порода циклично или непрерывно перегружается с забоя в аккумулярующие емкости, расположенные в корпусе бура.

### 3.1.2. Устройство ствольных буров

Устья стволов на глубину до 30–40 м сооружают с целью перекрытия неустойчивых мягких пород. Технология бурения устьев в этих условиях предусматривает использование шнековых и ковшовых буров типа КАШБ-1 (рис. 3.7), КАГБ-1 (рис. 3.8) [5].

Корпус бура КАШБ-1 состоит из двух труб – наружной 6 и внутренней 5, с толщиной стенок 4 соответственно 10 и 16 мм. В днище 7 выполнены четыре вертикальные прорези, в которых перемещаются режущие ножи 13. Ножи 13 установлены на цилиндрических шарнирах 11 с помощью пазов 9 и упоров 10, что позволяет им раздвигаться до максимального диаметра. Во внутренней трубе 5 размещен однозаходный шнек 12 и забурник 14. Разрушаемая порода через окна 3 поступает в аккумулярующую емкость 2. Кулачковая муфта 1 позволяет вращать также корпус 6 бура. Разгрузка ем-

костей 2 осуществляется через окна 8. Монтажные окна 4 служат для крепления шнека 12 и контроля загрузки бура.

При бурении устьев буром КАШБ-1 используют глинистый раствор, с помощью которого до 40 % породы выносятся на поверхность и стекает в отстойник.

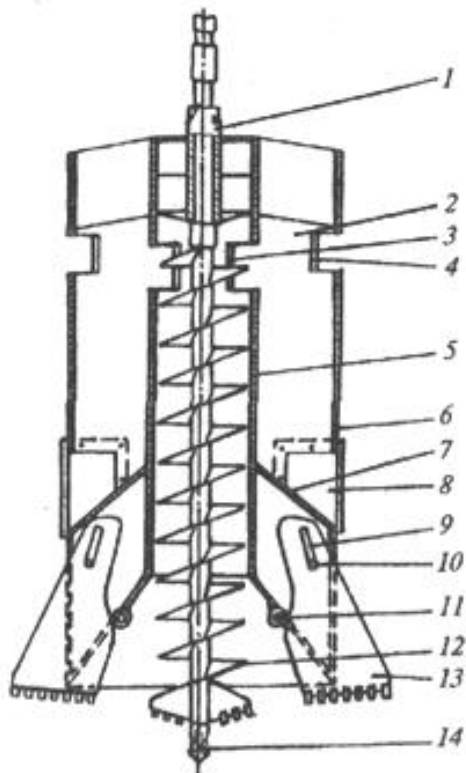


Рис. 3.7. Конструкция бура КАШБ-1

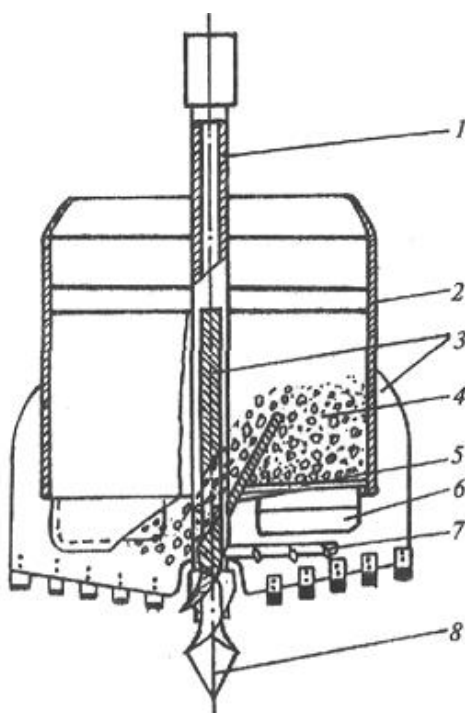


Рис. 3.8. Аккумулирующий шурфобур КАГБ-1



Для бурения устьев в мягких и обводненных породах применяют аккумулярующие гидромониторные буры КАГБ-1 и КАГБ-2. Бур КАГБ-1 (рис. 3.8) состоит из центральной трубы 1 и корпуса 2, соединенных жестко ножами 3. Одновременно с вращением бура через гидромониторные форсунки 7 под резцы ножей 3 подаются высоконапорные струи воды, которые размывают породу и превращают ее в раствор. Не размываемая часть породы поступает через окна 6 в ножах 3 бура и по спиральям шнека 8 в аккумулярующую емкость 4 со съемным днищем 5.

В процессе бурения наращивание буровой колонны выполняется трубами длиной 1,2–1,5 м, изготовленными из утяжеленных бурильных труб (УБТ) диаметром 203 мм.

### 3.1.3. Стволовые буры для крепких пород

Для бурения шурфов диаметром до 1800 мм в крепких породах используются погружные пневмоударники QL-120 и QL-200 компании Atlas Copco (рис. 3.9) [12].



Рис. 3.9. Бурение больших скважин кластерными пневмоударниками компании Atlas Copco: *а* – общий вид погружного пневмоударника; *б* – установка обсадных труб



Насосы приводят в действие гидродомкраты подъема и опускания стрелы 3, поворота рукояти 5, поворота ковша обратной лопаты 4, механизма поворота 9, выносных аутригеров 7 и отвала бульдозера 12. Машиной управляют рукоятками 2 с помощью гидрораспределителя 13. Сиденье 1 машиниста может быть повернуто на 180°. При одном его положении машинист управляет трактором во время передвижения, а при другом – работой экскаватора.

Экскаватор Э-2515 (рис. 3.11) отличается от предыдущих моделей установкой ковша вместимостью 0,25 м<sup>3</sup>.

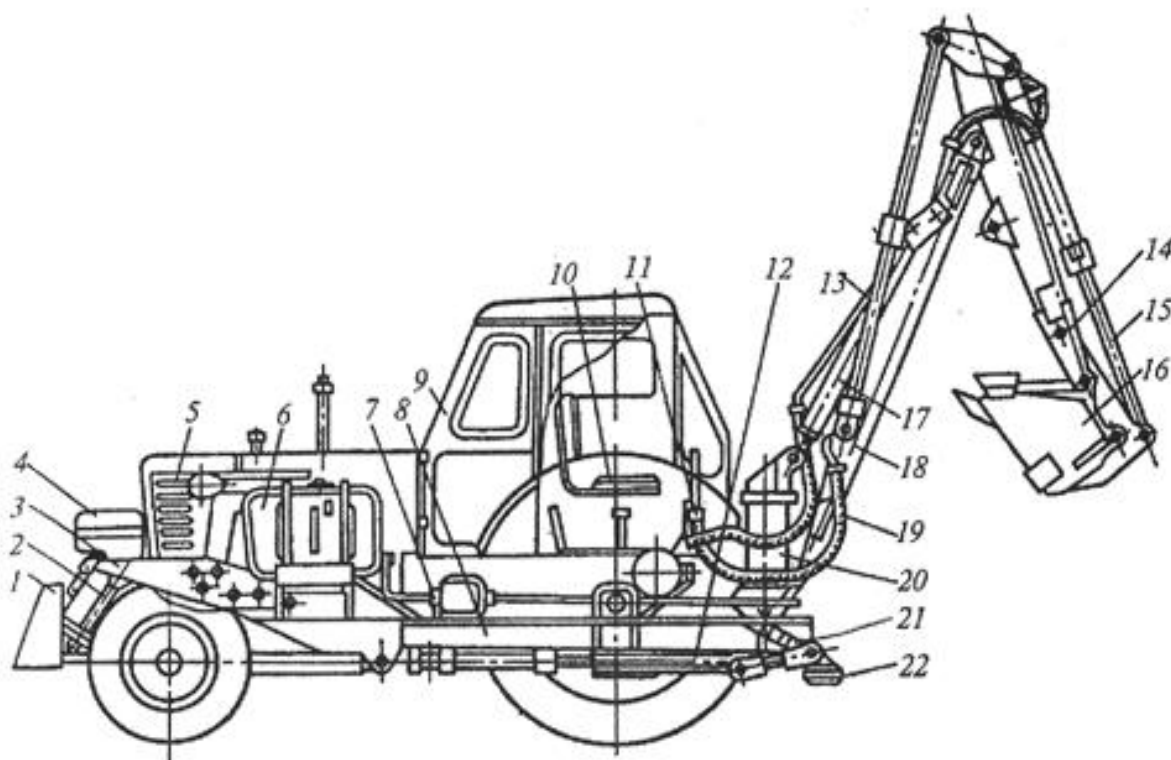


Рис. 3.11. Экскаватор одноковшовый Э-2515

Оборудование экскаватора монтируют на рамах 8 и 3. С помощью гидродомкрата 2 может регулироваться высота отвала 1. Для повышения устойчивости экскаватора в работе используют гидродомкраты 21 и выносные аутригеры 22, которые крепят к раме 8. На раме 8 также установлены кабина 9, поворотная колонна 20, механизм поворота 12 рабочего оборудования, состоящего из стрелы 18, рукояти 14 и ковша 16 с гидроприводом в виде гидродомкратов 13, 15 и 17. Жидкость к ним подают по шлангам 19 под давлением от насосной установки 7 и бака 6. Экскаватором управляют путем перемещения золотников гидрораспределителя 11. Сиденье 10 машиниста для удобства обслуживания может быть повернуто на 180°. Топливный

бак 4 вынесен в переднюю часть трактора. Привод всей системы осуществляется от двигателя 5.

Гидравлические полноповоротные экскаваторы с ковшами вместимостью 0,4–0,65 м<sup>3</sup> выпускают на гусеничном и пневмокольном ходовых механизмах. Экскаваторы предназначены для разработки грунтов и погрузки дробленых скальных пород и сыпучих материалов.

Основным рабочим оборудованием для этой группы экскаваторов является обратная лопата, которую можно оснащать сменными ковшами вместимостью: 0,4 м<sup>3</sup> для разработки тяжелых грунтов IV категории на максимальную глубину копания; 0,5 м<sup>3</sup> – средних грунтов II–III категорий на глубине копания, составляющей 85 % от максимальной величины; 0,65 м<sup>3</sup> – легких грунтов I–II категории на глубине копания, составляющей 65 % от максимальной величины.

Экскаватор Э-5015 (рис. 3.12) – полноповоротный гидравлический экскаватор с двумя видами сменного оборудования – обратной лопатой и грейфером.

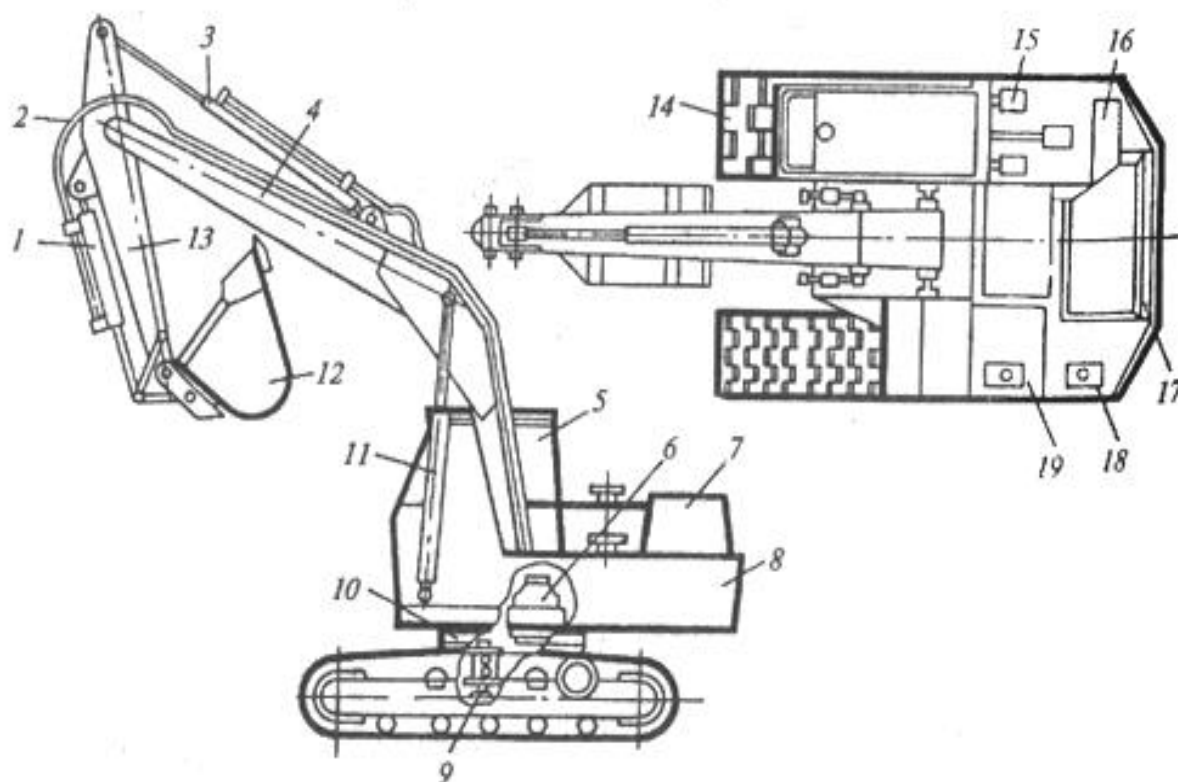


Рис. 3.12. Экскаватор Э-5015

Поворотная платформа 8 экскаватора Э-5015 опирается на гусеничный ходовой механизм 14 с центральной цапфой 9, через роликовый опорно-поворотный круг 10. На платформе 8 устанавливают

сменное рабочее оборудование, силовую установку, механизм поворота, узлы гидропривода, состоящего из блока распределителя 15 и насоса 16 и гидроуправления с трубопроводами 2, баки, кабину 5 и противовес. Дизельный двигатель 7, топливный бак 19, баки для рабочей жидкости 18 и противовес 17 смонтированы на хвостовой части платформы 8.

Рабочее оборудование обратной лопаты включает стрелу 4, рукоять 13, ковш 12 и гидродомкраты стрелы 11, рукояти 3 и ковша 1. Кабина машиниста 5 с сиденьем и пультом управления защищена тепло- и шумоизоляцией. Механизмы передвижения машины и поворота платформы приводятся в движение от гидромоторов. На гусеничной тележке установлены два низкомоментных гидромотора с редукторами, обеспечивающие независимый привод гусеничным тележкам. Высокомоментный гидромотор 6 предназначен для поворота платформы.

*Экскаватор ЭО-3322* – полноповоротный гидравлический экскаватор на пневмоколесном ходу. Поворотная платформа и рабочее оборудование опираются на раму пневмоколесной ходовой тележки через роликное опорно-поворотное устройство. На поворотной платформе установлены силовое оборудование (дизельный двигатель СМД-14), гидравлическое оборудование и система управления, механизм поворота, топливный бак, кабина машиниста и противовес.

*Экскаватор ЭО-4121* (рис. 3.13) предназначен для земляных работ в грунтах I–IV категорий и погрузки сыпучих материалов и мелкодробленых скальных пород с размером кусков не более 400 мм.

Поворотная платформа 8 и рабочее оборудование, включающее гидродомкраты управления (рукоятью 15, ковшом 17, стрелой 8 и 12), рукоять 16, ковш 20, шарнирную стрелу 6, 13, опираются на гусеничную ходовую тележку 10 через роликное опорно-поворотное устройство 9. На поворотной платформе установлены силовая установка 1 (дизельный двигатель А-01М), гидравлическое оборудование 2 и система управления, механизм поворота 3, топливный бак, кабина машиниста 4 с прожектором 5 и противовес 11. Для регулирования хода стрелы имеются установочные отверстия 14, расположенные на стреле 13.

Кабина машиниста оборудована вентиляцией, тепло- и шумоизоляцией и приспособлена для работы в различное время года и

суток. В кабине расположено сиденье мягкого типа, контрольно-измерительные приборы, рычаги управления, освещение и сигнализация.

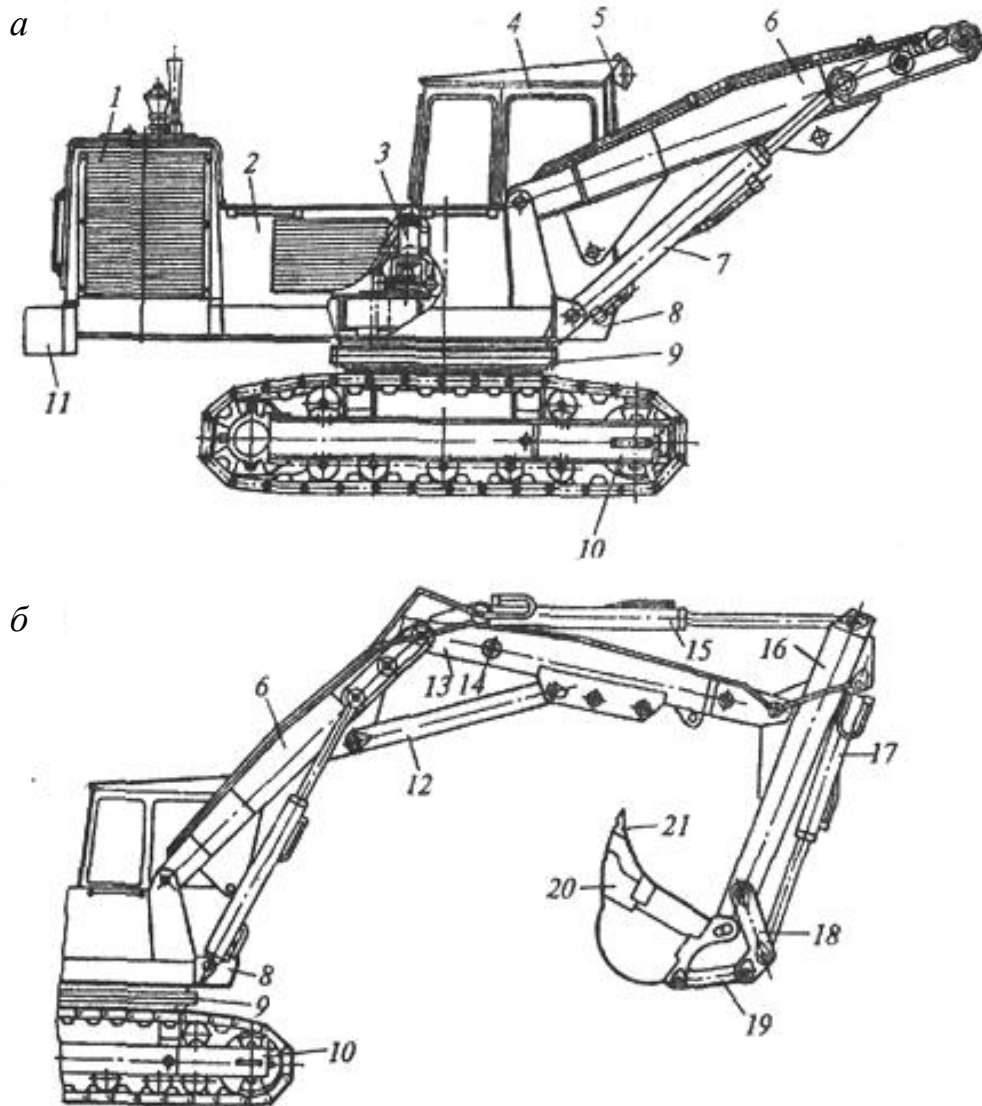


Рис. 3.13. Экскаватор ЭО-4121

Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом представляют собой многомоторные машины с жесткой подвеской рабочего оборудования, у которых используется гидравлический объемный привод. Параметры гидравлических экскаваторов регламентированы ГОСТ 30067–93 «Экскаваторы одноковшовые универсальные полноповоротные». По сравнению с механическими гидравлические экскаваторы имеют более широкую номенклатуру сменных рабочих органов, что значительно расширяет их технологические возможности и обеспечивает высокий уровень механизации земляных работ.

Гидравлический привод позволяет: значительно упростить кинематику трансмиссии и рабочего оборудования; использовать более широкую номенклатуру сменного рабочего оборудования; уменьшить габариты машины; повысить мобильность машин; выполнять земляные работы в труднодоступных местах; обеспечивать плавность движения и точную ориентацию рабочего органа; реализовать большие (в 1,5–2 раза) усилия копания; повысить производительность машин в среднем на 30–35 %; улучшить условия труда машиниста. Различают гидравлические экскаваторы с шарнирно-рычажным (рис. 3.14, *а, б*) и телескопическим (рис. 3.14, *в*) рабочим оборудованием, для удержания и приведения в действие которого используют гидравлические домкраты. Основными рабочими движениями шарнирно-рычажного оборудования являются изменение угла наклона стрелы, поворот рукояти с ковшом относительно стрелы и поворот ковша относительно рукояти, выдвижение – втягивание телескопической стрелы. Гидравлические полноповоротные экскаваторы с шарнирно-рычажным рабочим оборудованием созданы на базе единых конструктивных схем с широкой унификацией агрегатов и узлов. Привод рабочего оборудования экскаваторов осуществляется от гидродомкратов двойного действия, а поворот платформы и передвижение машины – от индивидуальных гидромоторов.

В качестве сменных рабочих органов гидравлических экскаваторов (рис. 3.15) при выполнении земляных работ используют ковши обратных 1–3 и прямых 4 лопат различной вместимости. Ковши для дренажных работ 5 и рытья узких траншей 6, ковши с зубьями и со сплошной режущей кромкой для планировочных 7 и зачистных 8 работ, двухчелюстные грейферы для рытья траншей и котлованов 9 и погрузки крупнокусковых материалов и камней 10. Погрузочные ковши большой вместимости для погрузочных работ 11–13, бульдозерные отвалы 14 для засыпки ям, траншей и небольших канав, захваты для погрузки труб и бревен 15, крановую подвеску 16 для различных грузоподъемных и монтажных работ, многозубые 17 и однозубые 18 рыхлители для рыхления мерзлых и плотных грунтов, пневматические, гидравлические 19 и гидропневматические 20 молоты многоцелевого назначения со сменными рабочими инструментами для разрушения скальных и мерзлых грунтов.

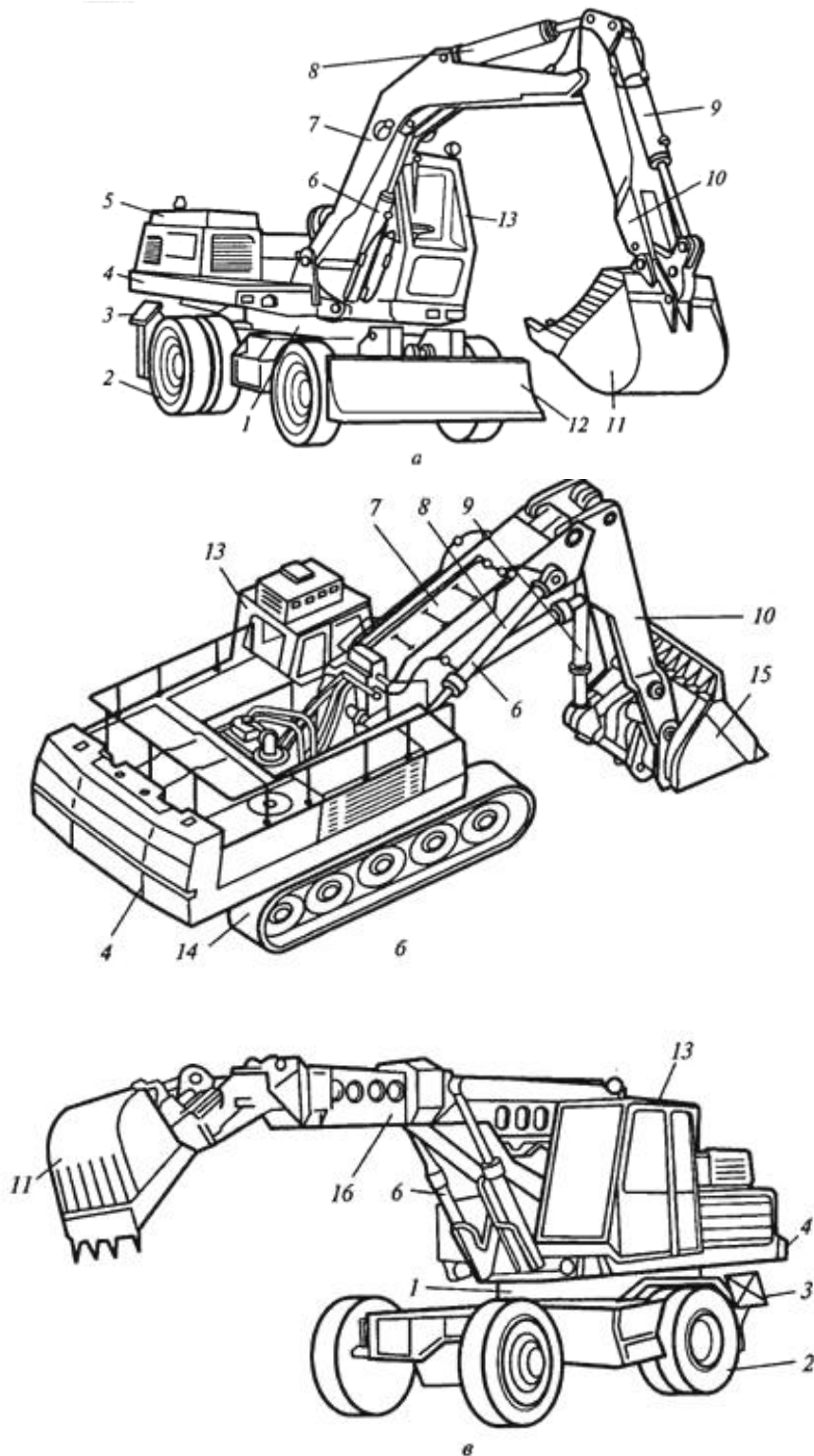


Рис. 3.14. Одноковшовые гидравлические экскаваторы: 1 – опорно-поворотное устройство; 2 – пневмоколесное ходовое устройство; 3 – выносная опора; 4 – поворотная платформа; 5 – силовая установка; 6, 8, 9 – гидроцилиндры стрелы; 7 – стрела; 10 – рукоять; 11 – ковш обратной лопаты; 12 – отвал; 13 – кабина машиниста; 14 – гусеничный ходовой механизм; 15 – ковш прямой лопаты; 16 – стрела



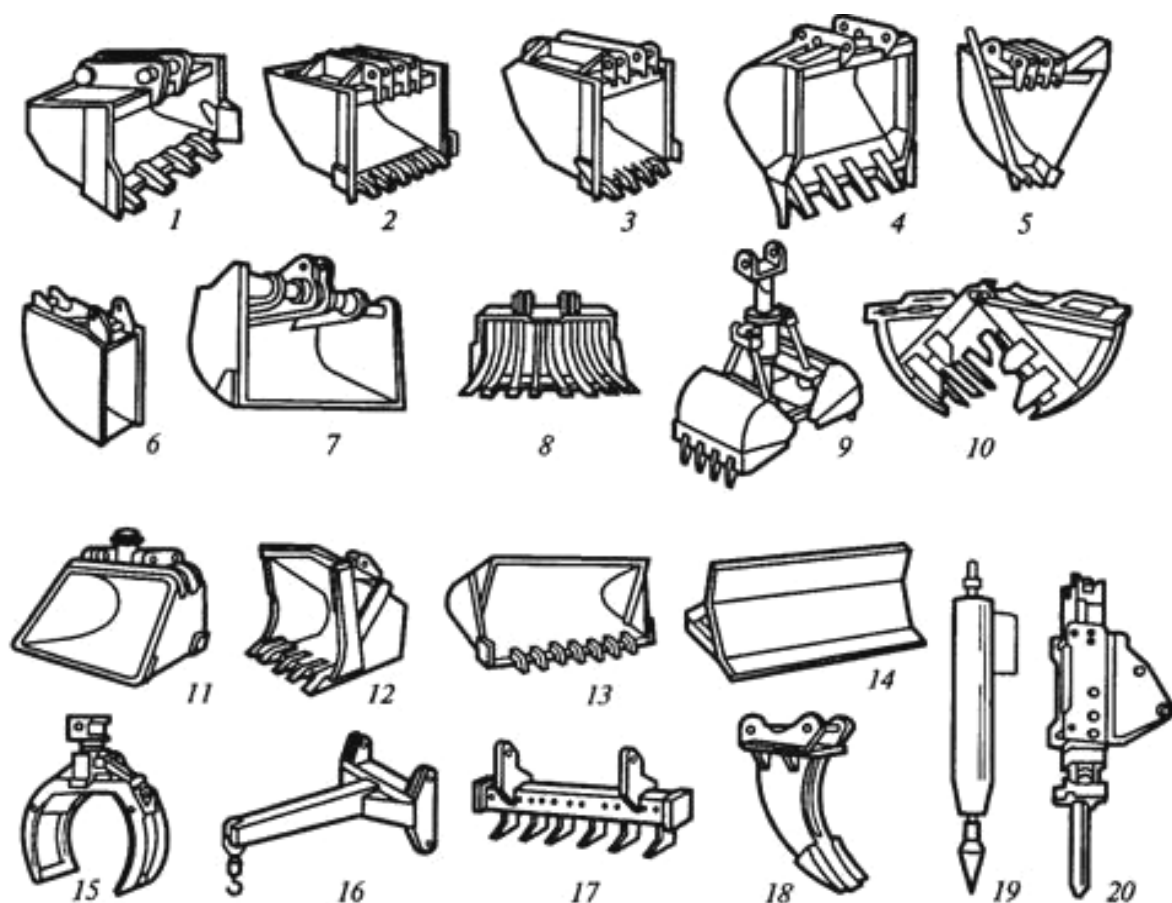


Рис. 3.15. Сменные рабочие органы гидравлических экскаваторов

Обратная лопата является самым распространенным видом рабочего оборудования гидравлических экскаваторов и предназначена для проведения открытых разведочных выработок, расположенных ниже уровня стояния экскаватора. В комплект оборудования обратной лопаты (рис. 3.16, а) входят: составная стрела 1 и 6 изменяемой длины, рукоять 5, поворотный ковш 4 и гидродомкраты: подъема стрелы 8, а также поворота рукояти и ковша 2 и 3. Копание грунта производят поворотом ковша относительно рукояти и поворотом рукояти относительно стрелы. Поворотом ковша производят не только копание, но и выгрузку грунта, а также зачистку основания забоя. Толщину срезаемой при копании стружки регулируют путем подъема или опускания стрелы. Составная стрела дает возможность изменять глубину  $H_k$ , радиус  $R_k$  копания, а также высоту  $H_b$  и радиус  $R_b$  выгрузки, что в сочетании со сменными профильными ковшами различной вместимости позволяет расширить область применения экскаватора и использовать его с максимальной производительностью в различных грунтовых условиях.

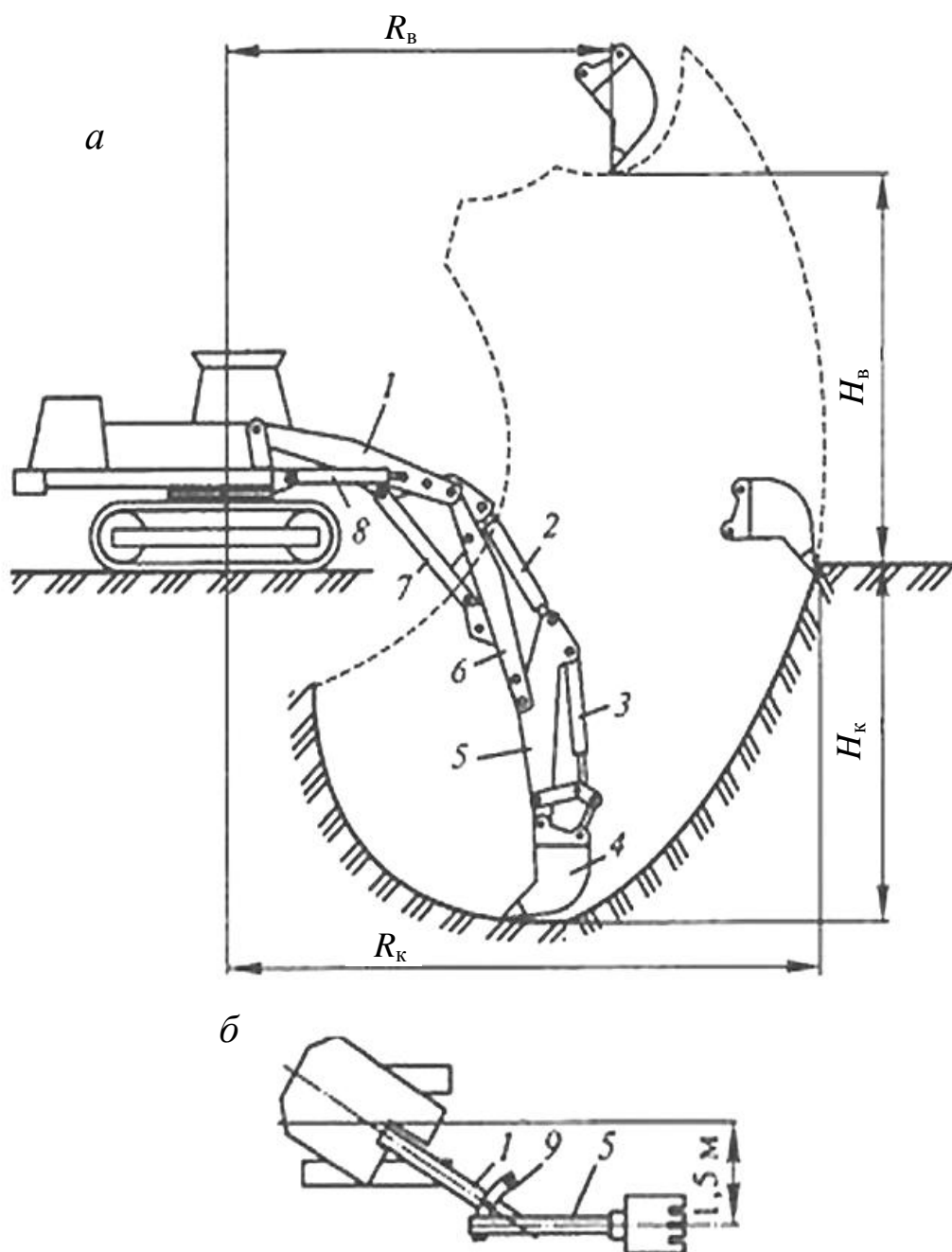


Рис. 3.16. Экскаватор с рабочим оборудованием обратная лопата

Части составной стрелы *1* и *6* соединены тягой *7*, установкой которой в различные положения достигается изменение длины стрелы. На основную часть стрелы *1* устанавливают оборудование прямой лопаты, грейфера или погрузчика. При копании траншей, ось которых не совпадает с продольной осью экскаватора, в оборудовании применяют специальную промежуточную вставку (рис. 3.16, *б*), позволяющую устанавливать рукоять *5* с гидродомкратом под углом в плане к продольной оси стрелы *7*. Вставка обеспечивает смещение оси копания до 1,5 м относительно про-

дольной оси машины. Оборудование со смещенной осью копания является важным преимуществом гидравлических экскаваторов.

Прямая лопата с поворотным ковшом широко применяется на экскаваторах: 4–6 размерных групп и предназначена для разработки грунта как выше (преимущественно), так и ниже уровня стоянки машины, а также для погрузочных работ.

Оборудование прямой лопаты (рис. 3.17) включает стрелу 1, рукоять 2, ковш 3 и гидродомкраты: 6 – подъема стрелы, 5 – поворота рукояти и 4 – поворота ковша. Копание грунта осуществляется поворотом рукояти и ковша. Толщину стружки регулируют подъемом или опусканием стрелы. При разгрузке ковш поворачивают гидродомкратом 4. Прямой лопатой с поворотным ковшом можно также производить планирование и зачистку дна открытых разведочных выработок.

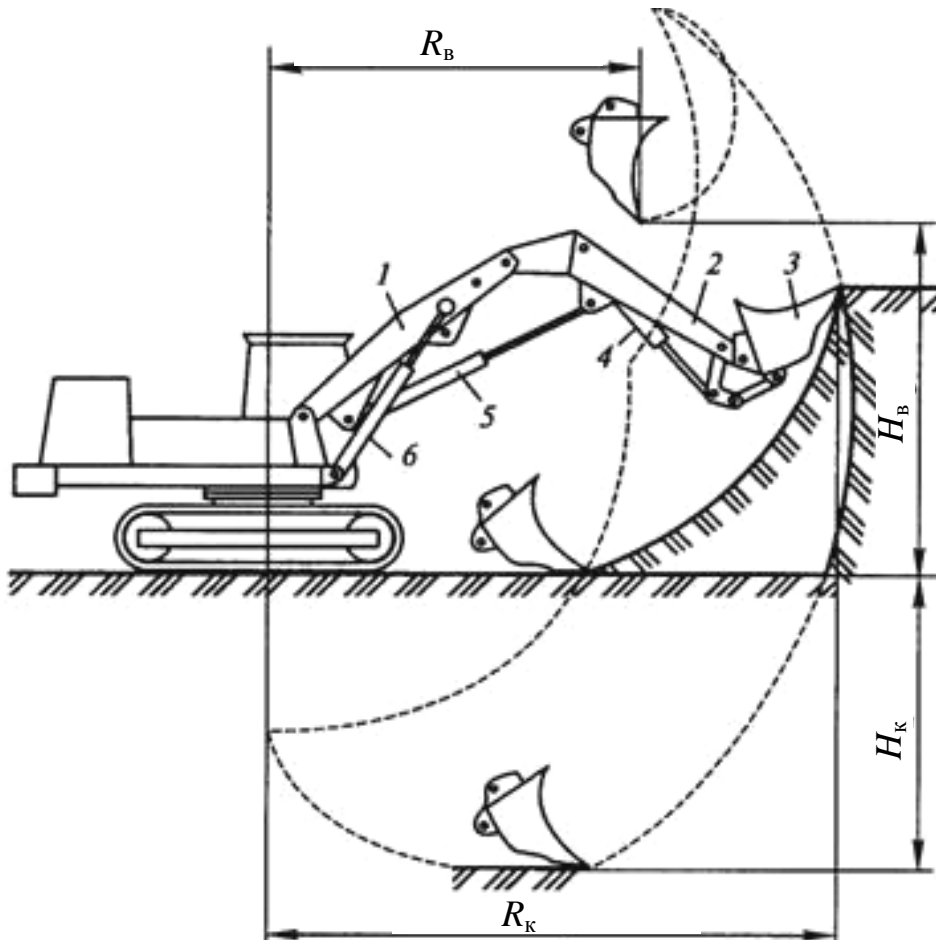


Рис. 3.17. Экскаватор с рабочим оборудованием прямая лопата

Погрузочное оборудование применяют для погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов выше стоянки экскаватора, разработки и погрузки в транспортные средства, а также отсыпки в отвал грун-

тов I и II категорий, а также для планировочных работ на уровне стояния машины. Вместимость ковша погрузчика в 1,5–2 раза больше вместимости ковша обратной лопаты, что значительно повышает производительность экскаватора при использовании его на погрузочных работах. В комплект погрузочного оборудования (рис. 3.18) входят: стрела 1, рукоять 3, ковш 5 и гидродомкраты: 2 – подъема стрелы, 4 – поворота рукояти и 6 – поворота ковша. Кинематическая схема погрузчика обеспечивает горизонтальное движение ковша от экскаватора при внедрении его в грунт и при планировочных работах. Поворотом ковша гидродомкратом 2 обеспечивают лучшее заполнение ковша.

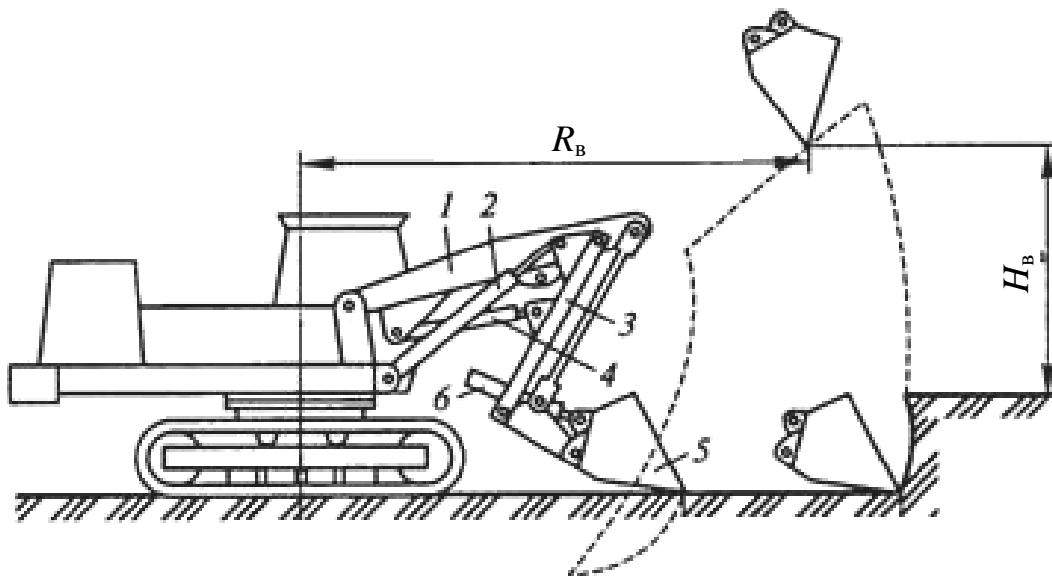


Рис. 3.18. Экскаватор с погрузочным оборудованием

Грейфер применяют для рытья разведочных канав, траншей. Особенно эффективно использование такого оборудования при копании глубоких выемок, а также в стесненных условиях. На гидравлических экскаваторах устанавливают жестко подвешенные грейферы, у которых необходимое давление на грунт при врезании создается принудительно с помощью гидродомкратов рабочего оборудования. Это позволяет эффективно разрабатывать плотные грунты независимо от массы грейфера. Грейфер шарнирно крепят к рукояти обратной лопаты вместо ковша таким образом, чтобы было возможно его продольное и поперечное перемещение. Оборудование грейфера (рис. 3.19) состоит из составной стрелы 1, рукоятки 3 и гидродомкратов 2 и 7, используемых от обратной лопаты, двухче-

люстного грейфера 6 с гидродомкратами 5 для его закрывания и открывания и механизма 4 поворота грейфера. Челюсти грейфера в исходном положении раскрыты. Наполнение его происходит при смыкании челюстей гидродомкратами 5. Необходимое напорное усилие создается при опускании стрелы. Для разгрузки грейфера его челюсти размыкаются. Для глубокого копания (до 30 м) разведочных траншей и канав в оборудовании грейфера имеются удлиняющие промежуточные вставки.

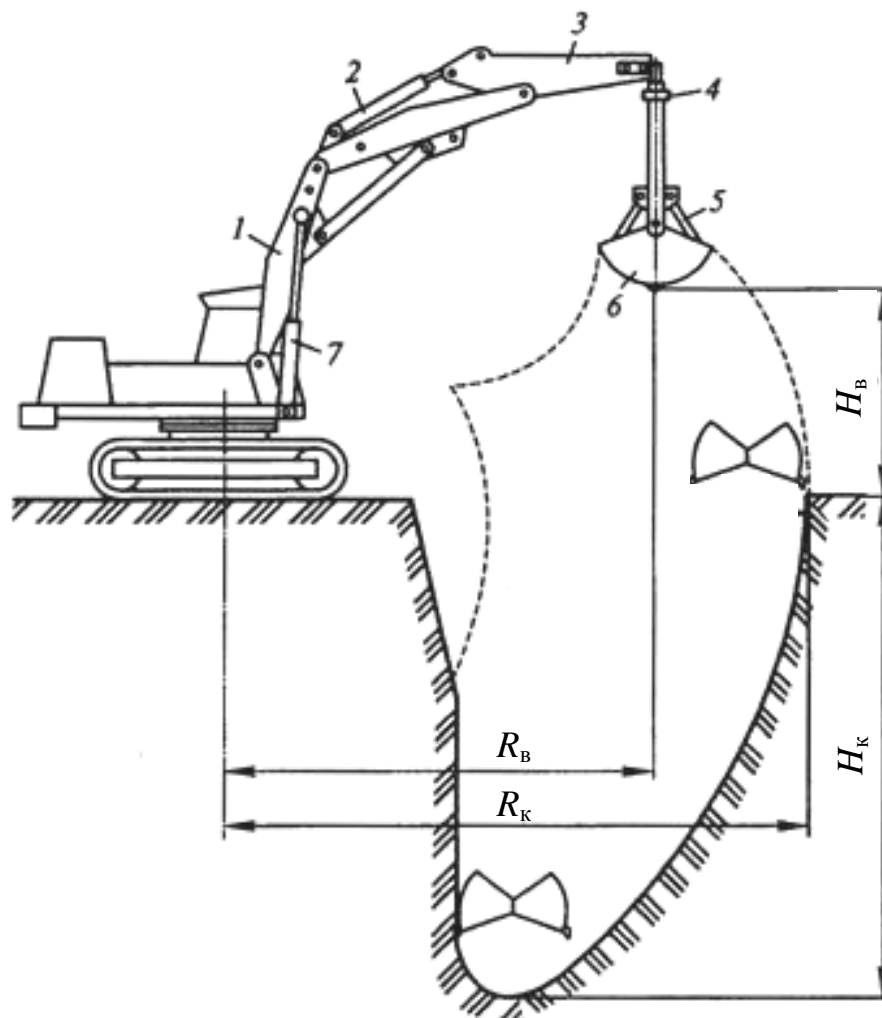


Рис. 3.19. Экскаватор с грейферным оборудованием

Грейферное оборудование на напорной штанге (рис. 3.20) применяют для разработки узких и глубоких (до 20 м) траншей с вертикальными стенками в грунтах I–IV категорий с каменистыми включениями размером до 200 мм при проведении выработок способом «стена в грунте». Грейферное оборудование устанавливают на стреле экскаватора. Оно включает в себя (рис. 3.20, а) напорную штангу 5, грейфер 3, направляющий корпус 4, рычажный механизм 2, гидро-

домкраты подъема, опускания и наклона штанги. Направляющий корпус шарнирно соединен с кронштейном, относительно которого может быть повернут двумя гидродомкратами *б* в вертикальной плоскости вдоль продольной оси экскаватора. Рабочим органом оборудования является гидравлический двухчелюстной грейфер (рис. 3.20, *б*) с приводом сменных челюстей полукруглой формы от двух гидродомкратов *10*. Режущие кромки челюстей снабжены сменными зубьями, а боковые стенки – резцами с износостойкой наплавкой.

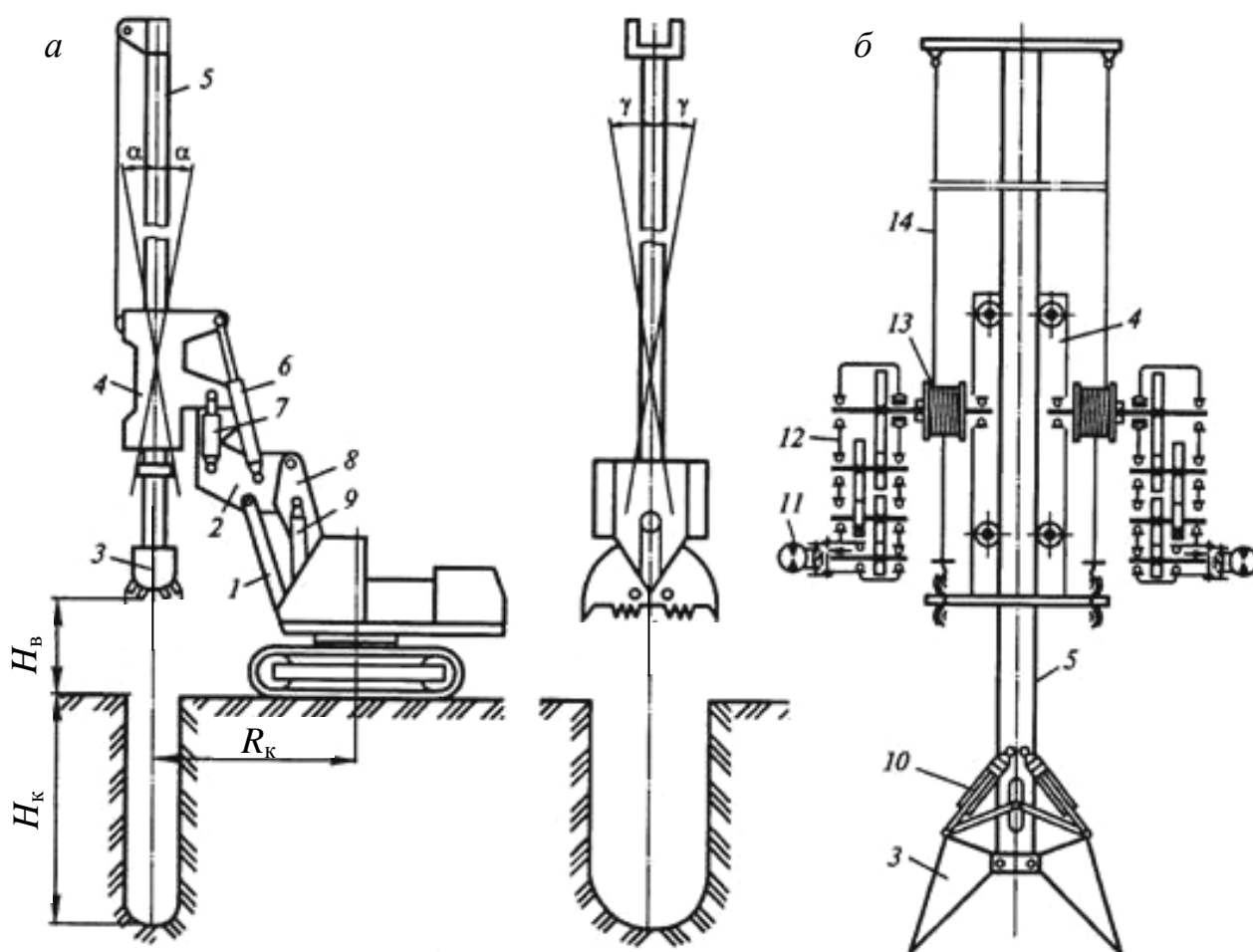


Рис. 3.20. Экскаватор с грейферным оборудованием проведения открытых выработок методом «стена в грунте»: *а* – общий вид; *б* – кинематическая схема перемещения штанги

Грейфер крепится к напорной штанге *5*, перемещаемой канатным механизмом, закрепленным на направляющем корпусе. Механизм перемещения (подъема-опускания) штанги состоит из двух унифицированных лебедок, каждая из которых включает барабан *13*, напорно-возвратный канат *14*, трехступенчатый цилиндрический

редуктор 12, тормоз и гидромотор 11. Напорное движение на грейфер создается весом штанги, грейфера и лебедки. Рычажный механизм 2 (рис. 3.20, а) жестко крепится к стреле 8. В процессе работы упорная стойка 7 воспринимает нагрузки от рабочего оборудования. Перевод рабочего оборудования из рабочего положения в транспортное обеспечивается гидродомкратами 6 и 9. Вертикальное положение оборудования контролируется прибором «Вертикаль-20Б», датчики которого установлены на направляющем корпусе, а указатели – в кабине машиниста. Гидросистема грейферного оборудования запитывается от насосной установки экскаватора, а управление грейферным оборудованием осуществляется из кабины машиниста.

Гидравлические молоты навешиваются на экскаваторы вместо ковша обратной лопаты и соединяются с рукоятью посредством быстросъемного крепления. Экскаватор, оборудованный гидромолотом с рабочим инструментом в виде клина, пики и трамбовки, можно применять при рыхлении мерзлого грунта, дроблении негабаритов твердых горных пород, а также для уплотнения грунта. При разработке грунта можно изменять угол наклона гидромолота к поверхности грунта. В комплект оборудования гидромолота (рис. 3.21) входят: стрела 1, рукоять 4, гидромолот 5 и гидродомкраты: 6 – подъема стрелы, 2 – поворота рукояти и 3 – поворота молота.

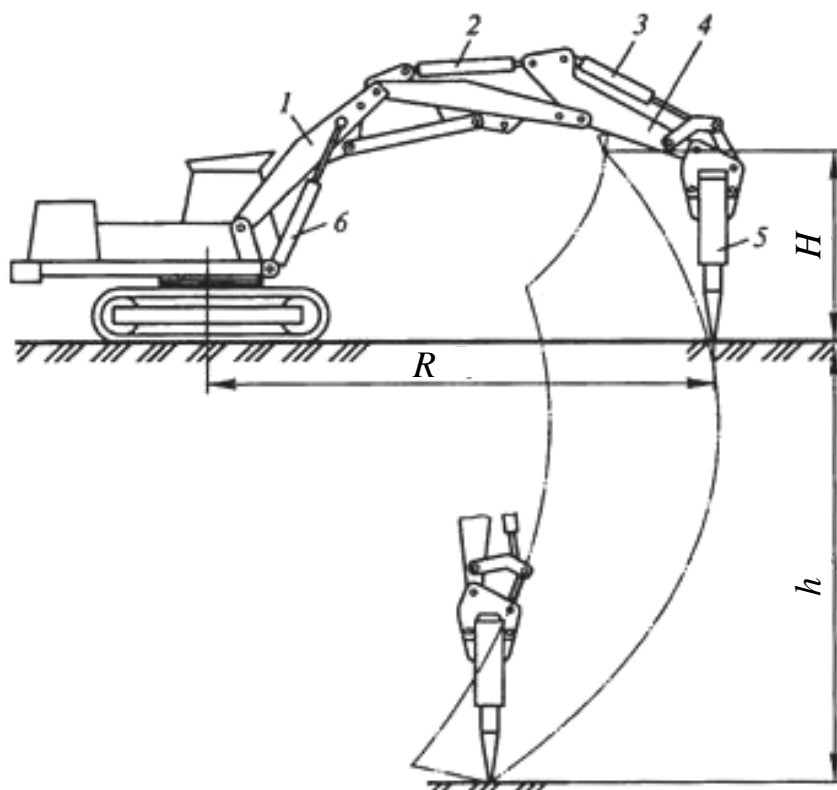


Рис. 3.21. Экскаватор, оборудованный гидравлическим молотом

Гидромолоты приводятся в действие от насосов гидросистемы экскаватора и создают значительные импульсы силы направленного действия, что обеспечивает небольшую энергоемкость процесса разработки мерзлых грунтов и разрушения крепких пород.

Различают гидромолоты простого и двойного действия. В гидромолотах двойного действия подъем ударной части (холостой ход) осуществляется под влиянием рабочей жидкости, а разгон ее вниз при рабочем ходе происходит под действием собственного веса и энергии рабочей жидкости или сжатого газа, накопленных во время холостого хода в гидравлическом или пневматическом аккумуляторе. Молоты с пневмоаккумулятором называют также гидропневматическими.

Гидромолоты могут быть использованы по двум технологическим схемам: экскаватор с молотом работает непрерывно, а выемка грунта осуществляется другим экскаватором; экскаватор с молотом выполняет заданную часть работы, а затем производится замена молота ковшом.

При работе с молотами стрела экскаватора устанавливается в плавающее положение, что обеспечивает полную виброизоляцию рабочего места машиниста. Молоты комплектуются широкой номенклатурой легко сменяемых рыхлительных, дробящих, сваебойных, трамбующих инструментов и запускаются в работу автоматически при опирании с определенным усилием рабочего инструмента на разрушаемый (забиваемый) объект.

Гидропневматические молоты развивают энергию удара 500...9000 Дж, имеют частоту ударов 3,5–12 Гц. Давление зарядки газового аккумулятора 0,6–1,2 МПа, рабочее давление в гидросистеме 10–16 МПа. В табл. 3.1 приведена техническая характеристика гидромолотов ОАО «Тверьтехоснастка».

Гидравлические одноковшовые полноповоротные экскаваторы в СНГ выпускают: ЗАО «Тверской экскаватор» (г. Тверь), ОАО «Машиностроительная компания «КРАНЭКС» (г. Иваново), ООО «Ковровский экскаваторный завод», ОАО «ВЭКС» (г. Воронеж), ОАО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» (г. Нижний Тагил), АО «АТЕК» (Украина), ОАО «Мотовилихинские заводы» (г. Пермь), СП «Святовит» (Республика Беларусь).

ЗАО «Тверской экскаватор» выпускает полноповоротные гидравлические экскаваторы на пневмоколесном и гусеничном ходовых устройствах.



Таблица 3.1

## Техническая характеристика гидромолотов

Параметры	Модель			
	НМ-120	НМ-230	НМ-330	НМ-440
Масса экскаватора, т	2,5–6	8–13	12–18	18–26
Масса молота, кг	150	350	750	1100
Энергия удара, кДж	0,5	1,0	2,0	3,5
Частота ударов, Гц	12	9	7	5
Расход рабочей жидкости, л/мин	20–100	50–120	80–160	160–240
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	10	10	16	16
Давление зарядки пневмоаккумулятора, МПа	0,6–0,8	0,6–0,8	0,6–0,8	0,6–0,8
Диаметр инструмента, мм	70	80	110	135
Рабочая длина инструмента, мм	300	350	450	600

Пневмоколесные экскаваторы ЕК-12, ЕК-14, ЕК-18 (рис. 3.22–3.23) на базе специальных пневмоколесных шасси и экскаватор ЕК-17 на базе трехосного автомобильного шасси Урал-5557 выполнены по одной компоновочной схеме, максимально унифицированы по многим сборочным узлам шасси и оборудования поворотной платформы. Эти экскаваторы используют для выполнения выемочно-погрузочных работ небольшого объема на рассредоточенных объектах. Пневмоколесный гидравлический экскаватор ЕК-12 (рис. 3.22) многоцелевого назначения комплектуется рабочим оборудованием двух исполнений. Стрела состоит из двух секций – основной, шарнирно прикрепляемой к поворотной платформе, и удлиняющей, соединяемой с основной секцией шарниром. На последнюю навешивают сменные рабочие органы экскаватора. Регулирование положения стрелы, ее подъем – опускание осуществляются гидродомкратами. Изменяя геометрию стрелы, можно регулировать глубину копания, обеспечить выполнение операций по зачистке ковшем дна траншей и канав. Рабочее оборудование изменяемой геометрии оснащается сменными рабочими органами: ковшами (емкостью 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,65; 0,8 м<sup>3</sup>); планировочным ковшом; грейфером; вставкой-удлинителем грейфера для копания глубоких траншей; буром; рыхлителем; гидромолотом с энергией удара 1500 Дж; гидрозахватом; гидрожницами; кусторезом; захватом для бревен. Ходовое устройство экскаватора ЕК-12 имеет оба ведущих моста со спаренными колесами, механизм отключения подвески переднего моста.

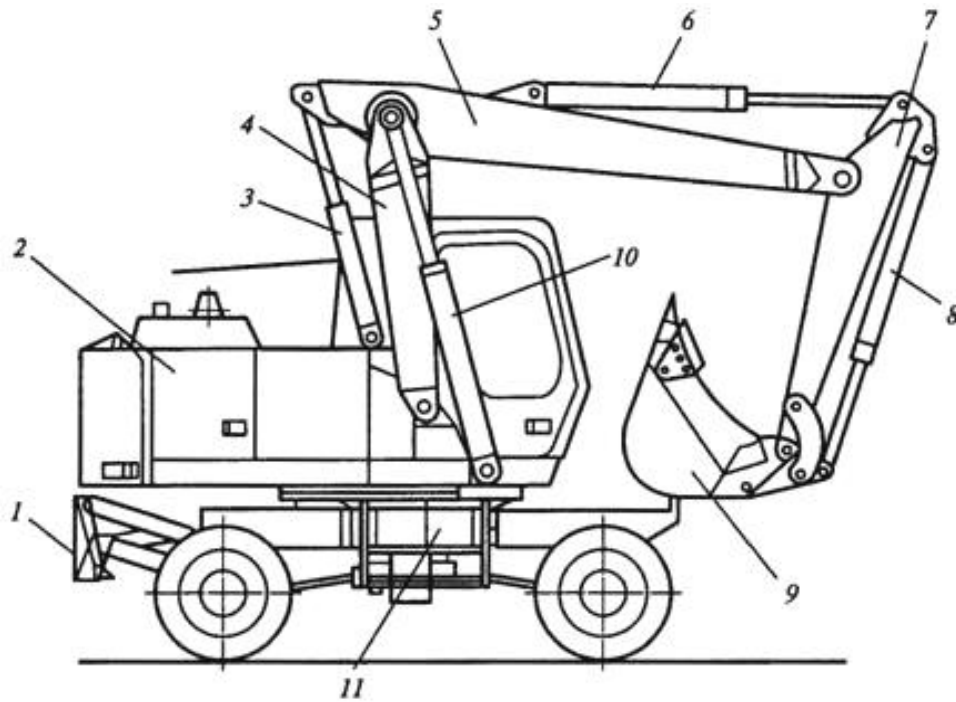


Рис. 3.22. Одноковшовый полноповоротный экскаватор ЕК-12 с изменяемой геометрией рабочего оборудования: 1 – опора-отвал; 2 – силовая установка; 3 – гидродомкрат изменения геометрии стрелы; 4, 5 – основная и удлиняющая секции стрелы; 6, 8, 10 – гидродомкраты рукояти, ковша и стрелы; 7 – рукоять; 9 – ковш; 11 – пневмоколесное ходовое устройство

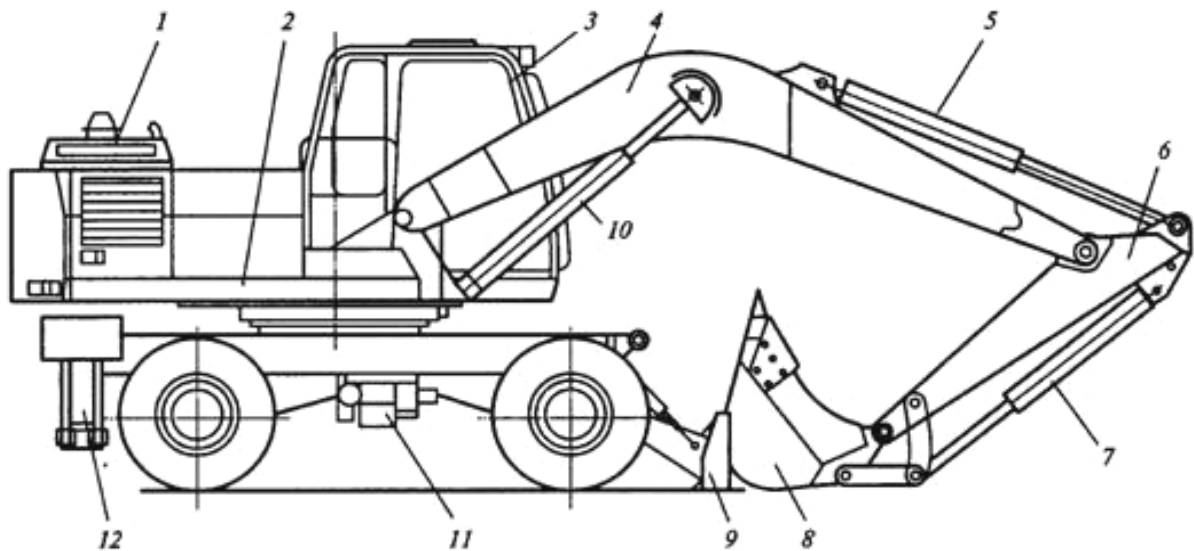


Рис. 3.23. Одноковшовый полноповоротный пневмоколесный экскаватор ЕК-18: 1 – силовая установка; 2 – поворотная платформа; 3 – кабина оператора; 4 – моноблочная стрела; 5, 7, 10 – гидродомкраты рукояти, ковша и стрелы; 6 – рукоять; 8 – ковш; 9 – опора-отвал; 11 – пневмоколесное ходовое устройство; 12 – выносная опора

Ходовое устройство экскаватора ЕК-12 имеет оба ведущих моста со спаренными колесами и механизмом отключения подвески переднего моста. Пневмоколесные гидравлические экскаваторы ЕК-18 (рис. 3.23) конструктивно подобны ЕК-12 и унифицированы. Ходовое устройство экскаватора для устойчивости во время работы оснащено опорой-отвалом 9 переднего расположения и задней аутригерной балкой с двумя выносными гидроуправляемыми опорами 12. Рабочее оборудование гидроэкскаваторов включает: обратную лопату с ковшами различной вместимости; грейфер; рыхлитель; гидромолот; гидробои. Экскаватор ЕК-18-16 является погрузочной модификацией экскаватора ЕК-18, применяется при выполнении погрузочно-разгрузочных операций и оснащается грейферами и бревнозахватом с ротатором.

Пневмоколесный экскаватор ЕК-17 (5846) выполнен на базе автомобильного шасси Урал-5557 оснащен оборудованием обратная лопата с ковшом вместимостью 0,65 м<sup>3</sup> и применяется для выполнения малообъемных земляных и погрузочных работ на рассредоточенных объектах, удаленных на значительные расстояния. В этой связи скорость движения машины увеличена до 70 км/ч. Рабочее оборудование смонтировано на поворотной платформе, включает стрелу, рукоять, ковш и гидродомкраты управления. На раме шасси для устойчивости имеются четыре выносные гидроуправляемые опоры.

Гусеничные экскаваторы ЕТ-14, ЕТ-16, ЕТ-18 (рис. 3.24) и ЕТ-25 на базе специальных гусеничных шасси с двигателями тракторного типа выполнены по единой конструктивной схеме, максимально унифицированы и отличаются друг от друга эксплуатационной массой, габаритными размерами, мощностью силовых установок. Ходовое устройство экскаватора ЕТ-16 выполнено с уширенными гусеничными лентами для передвижения и работы машины на слабонесущих грунтах.

Гусеничные экскаваторы серии ЕТ предназначены для разработки грунтов I–IV категорий и предварительно разрыхленных мерзлых грунтов, а также для погрузочно-разгрузочных работ на рассредоточенных объектах. Основное рабочее оборудование экскаваторов – обратная лопата с моноблочной стрелой и сменными рабочими органами: ковшами различной вместимости; гидромолотом; грейферами; рыхлителем; гидробои; бревнозахватом; кусторезом; фрезерной головкой (рис. 3.25).

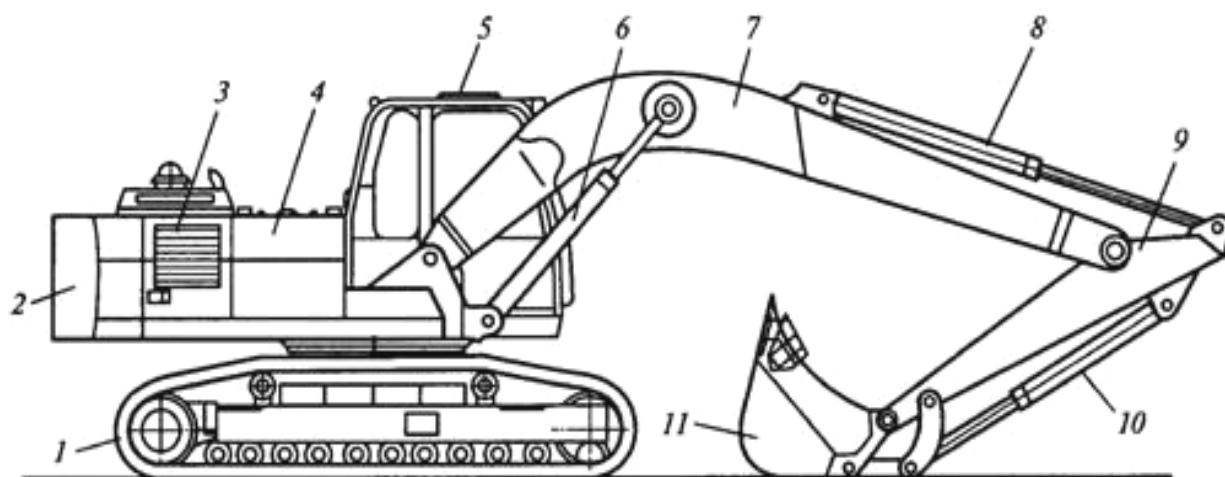


Рис. 3.24. Одноковшовый полноповоротный гусеничный экскаватор ЕТ-18: 1 – гусеничное ходовое устройство; 2 – противовес; 3 – силовая установка; 4 – поворотная платформа; 5 – кабина оператора; 6, 8, 10 – гидродомкраты стрелы, рукояти и ковша; 7 – стрела; 9 – рукоять; 11 – ковш

Техническая характеристика экскаваторов ОАО «Тверской экскаватор» приведена в табл. 3.2, а в табл. 3.2–3.5 приведены технические характеристики их сменных рабочих органов.

ОАО «МК «КРАНЭКС» ([www.kraneks.ru](http://www.kraneks.ru)) серийно выпускает одноковшовые гусеничные универсальные гидравлические экскаваторы ЕК 220-06, ЕК 270-05, ЕК 300, ЕК 400-05, предназначенные для разработки грунтов I–IV категорий, а также предварительного разрыхления мерзлых грунтов и скальных пород.

Техническая характеристика экскаваторов «КРАНЭКС» приведена в табл. 3.6.

Экскаваторы серии ЕК выполнены по единой кинематической схеме, унифицированы. Гусеничное ходовое устройство этих экскаваторов тракторного типа с гидравлическим натяжением гусениц. Регулируемые гидромоторы обеспечивают бесступенчатое регулирование скорости передвижения машин (0–4,4 км/ч). Ходовое устройство экскаватора ЕК270-05 может оснащаться гусеничными лентами шириной 600, 900 и 1200 мм, которые обеспечивают экскаватору сравнительно низкое давление на грунт (28 кПа) и возможность работы на слабонесущих и заболоченных грунтах. Основное рабочее оборудование экскаваторов ЕК 270-05 (рис. 3.26) – обратная лопата с основным ковшом вместимостью 1,2 м<sup>3</sup>. Рабочее оборудование может комплектоваться рукоятями длиной 2,4; 3,2; 4,2 и 8,12 м и сменными ковшами

обратной лопаты: планировочными (0,6 и 1,2 м<sup>3</sup>), профильными (1 и 1,35 м<sup>3</sup>); с откосником (0,9 м<sup>3</sup>); траншейными (0,3 м<sup>3</sup>) и погрузочными (2,3 м<sup>3</sup>). Экскаваторы могут оснащаться удлиненным рабочим оборудованием (стрелой длиной 9,6 м, рукоятью 8,12 м) с радиусом копания 18,3 м и глубиной копания до 14,7 м.

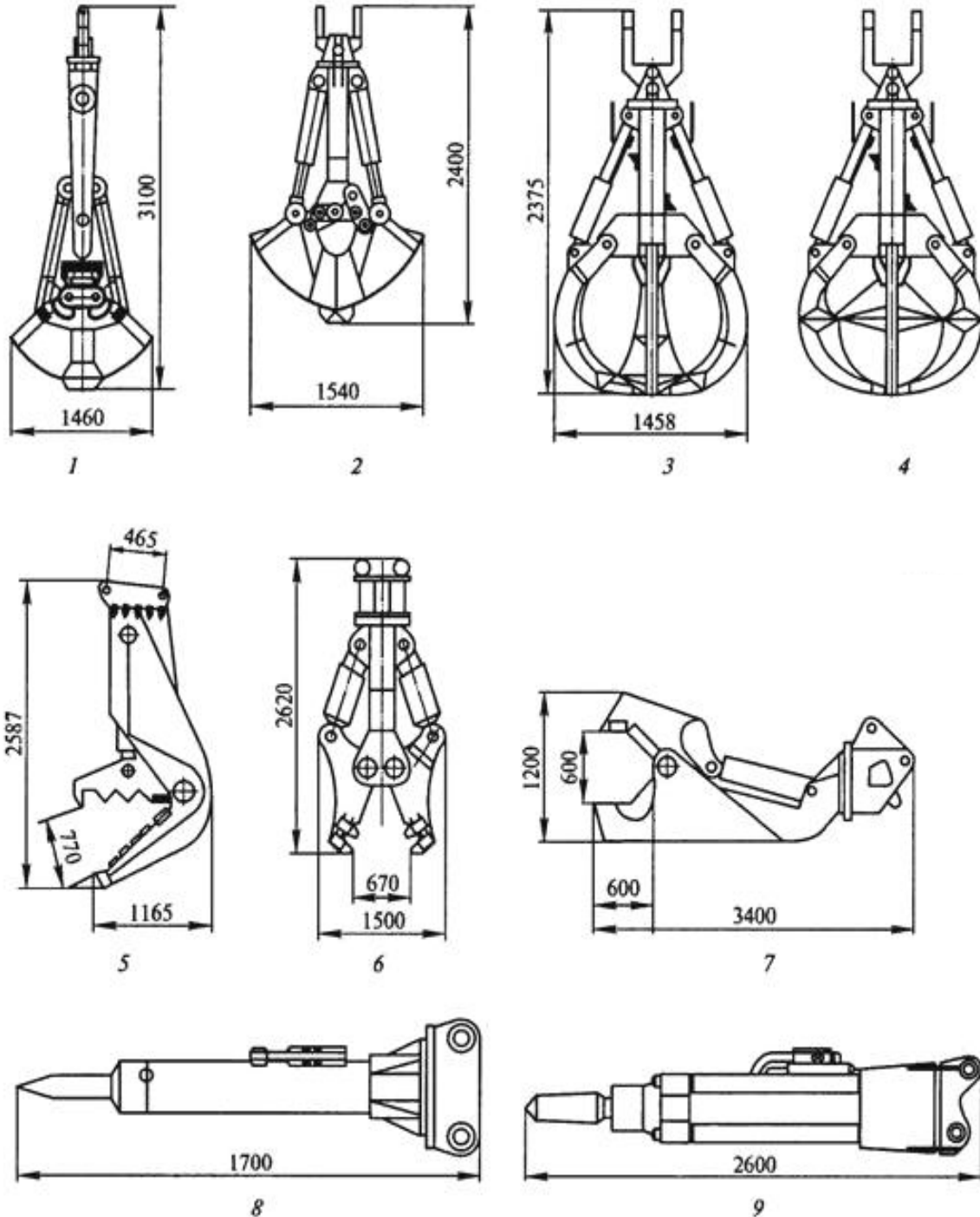


Рис. 3.25. Сменные рабочие органы экскаватора ОАО «Тверской экскаватор»: 1 – грейфер ГК-211; 2 – грейфер ГК-221; 3 – грейфер ГП-554; 4 – грейфер ГПС-555; 5 – гидрорезицы ИГ-811; 6 – гидрорезицы ИГ-821; 7 – гидрорезицы НГ-1622; 8 – гидромолот МГ-120; 9 – гидромолот МГ-300

Таблица 3.2

**Техническая характеристика одноковшовых гидравлических  
полноповоротных экскаваторов ОАО «Тверской экскаватор»**

Параметры	Индекс машины							
	ЕК-12	ЕК-14	ЕК-18	ЕК-17 (5846)	ЕТ-14	ЕТ-16	ЕТ-18	ЕТ-25
Ходовое устройство	Пневмоколёсное				Гусеничное			
Масса эксплуатационная, т	12,85	14	18	17,5	14,8	16	18,5	26,6
Двигатель: Тип	Д-243	Д-245 (Д-105)	Д-245 (Д-105)	Д-243 (Д-75П)	Д-243 (Д-105)	Д-245 (Д-105, Д-243)	Д-245 (Д-105)	Д-260.1 (ЯМЗ - 236)
Мощность, кВт	59,5	77,2	77,2	59,5 (55)	59,5 (77,2)	77,2 (59,5)	77,2	114 (132,3)
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	0,65	0,8 (0,4; 0,5; 0,65)	1,0 (0,65; 0,77)	0,65	0,65 (0,32; 0,5; 0,4)	0,65 (0,32; 0,5; 0,4)	1,0 (0,77; 0,65)	1,25 (0,65; 0,77)
Давление, МПа: в гидросистеме	32	28	28	32	28	28	28	28
в пневмосистеме	0,6– 0,77	0,6– 0,77	0,6– 0,77	0,6– 0,77	–	–	–	–
Скорость передвижения, км/ч	20	25	20	65	2,4	2,4	2,4	2,3/3,4
Давление на грунт, кПа	–	–	–	–	39	19	43	55
Максимальная глубина копания, м	4,8	4,89	5,77	4	5,2	5,1	6	6,48
Максимальный радиус копания, м	8,25	8,2	9,1	7,1	8,2	8,2	9,2	9,8
Максимальный радиус копания на уровне стоянки, м	8,06	7,92	8,85	6,8	7,9	7,9	9	9,64
Максимальная высота выгрузки, м	6,4	5,72	6,24	4,8	5,42	5,52	6	7
Угол поворота ковша, град	173	173	177	172	173	173	177	177
Продолжительность рабочего цикла, с	15	16	18,5	15	16	16,5	18,5	22

Таблица 3.3

## Техническая характеристика грейферов ОАО «Тверской экскаватор»

Параметры	Индекс грейфера				
	ГК-211	ГК-221	ГК-223	ГП-554	ГПС-555
Назначение	Копание	Копание	Копание	Погрузка несыпучих материалов	Погрузка сыпучих материалов
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	0,65	0,32; 0,5; 0,65	0,1	0,6	0,7
Количество челюстей	2	2	2	5	5
Количество гидроцилиндров	1	2	2	5	5
Глубина копания (с удлинителем), м	7,45 (11)	5,88 (8,88)	5,45 (8,45)	5,35 (8,36)	5,35 (8,36)
Радиус копания (захвата), м	8,64	7,74	6,9	8	8
Высота выгрузки, м	4,56	4,6	4,9	4,8	4,8
Масса (с удлинителем), кг	1345 (1675)	845 (1125)	680 (1010)	940 (1220)	1090 (1370)
Масса базового экскаватора, т	18	12	7	13	13

Таблица 3.4

## Техническая характеристика гидроножниц ОАО «Тверской экскаватор»

Параметры	Индекс гидроножниц		
	ИГ-811	ИГ-821	ИГ-1623
Назначение	Разрушение и дробление железобетонных конструкций и резка арматуры		Резка металла
Развиваемое усилие, т	80	210	160
Давление в гидросистеме, МПа	28	28	28
Угол поворота рабочего органа, град	–	360	360
Масса, кг	1520	1570	2000
Масса базового экскаватора, т	18	18	18

Таблица 3.5

## Техническая характеристика гидромолотов ОАО «Гверской экскаватор»

Параметры	Модель	
	МГ-120	МГ-300
Энергия удара, Дж	1200	3000
Частота ударов, мин <sup>-1</sup>	420 ± 60	270 ± 30
Рабочее давление, МПа	16	16
Расход рабочей жидкости, л/мин	120	240
Длина молота с клином, мм	1700	2600
Масса с клином, кг	320 ± 30	950 ± 50
Масса базового экскаватора, т	8	12–18

Таблица 3.6

## Техническая характеристика одноковшовых полноповоротных экскаваторов «КРАНЭКС»

Параметры	Индекс машины			
	ЕК 220-06	ЕК 270-05	ЕК 300	ЕК 400-05
Масса эксплуатационная, т	23	27,7; 29,0; 31,0	32	42,0
Двигатель: модель	BF6V2012C	ЯМЗ-236M2	BF6M1013FC	ЯМЗ-238Б
номинальная мощность, кВт	127	132	183	220
Гидравлическая система: максимальная подача силовых насосов, л/мин	2×214	2×186	2×273	2×370
наибольшее давление, МПа: в приводе рабочего оборудования	37,5	32,5	37,5	30
в приводе передвижения/ поворота платформы	31,5/22	28,5/25	32/22	28,5/25
в гидросистеме управления	3,0	4,0	4,0	4,0
Гусеничный ход: максимальное тяговое усилие, кН	205	270	264	400
колея, м	2,38	2,65	2,59	2,75
максимальная скорость передвижения, км/ч	5,2	4,4	4,9	4,0
база, м	3,45	4,0	3,7	4,05
клиренс, м	0,45	0,45	0,5	0,48
ширина гусеничной ленты, мм	600; 700; 800	600; 900; 1200	600; 700; 800	700



Продолжение табл. 3.6

Параметры	Индекс машины			
	ЕК 220-06	ЕК 270-05	ЕК 300	ЕК 400-05
Давление на опорную поверхность, кПа	50; 44; 37	51; 36; 28	65; 56; 48	70
Частота вращения поворотной платформы, мин <sup>-1</sup>	10,7	11,5	9,5	н/д
Рабочее оборудование обратная лопата: номинальная вместимость основного ковша, м <sup>3</sup>	1,0	1,2	1,5	1,9
Параметры копания, м: максимальная глубина	рукоять 2,4 м		рукоять 2,9 м	
	6,9	6,3	7,38	7,3
максимальный радиус	10	10	10,86	11,4
максимальная высота выгрузки	6,5	8	7,2	7,4
Максимальное усилие копания, кН: ковшом	151	200	200	242
	рукоятью	119	155	227
Продолжительность рабочего цикла, с	12	12	н/д	15
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	230	280	н/д	340

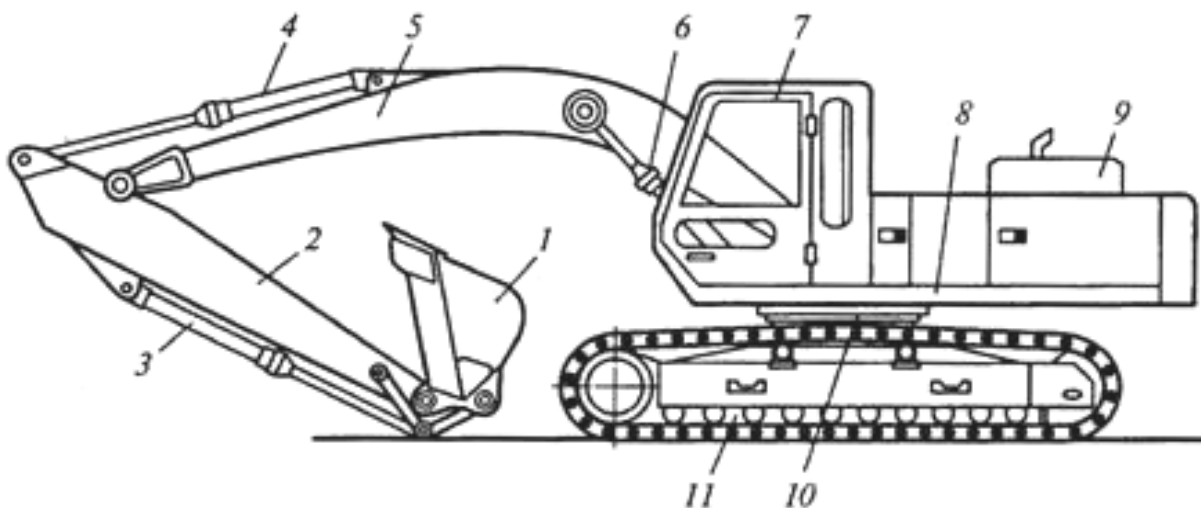


Рис. 3.26. Одноковшовый полноповоротный гусеничный экскаватор ЕК-270: 1 – ковш; 2 – рукоять; 3, 4, 6 – гидродомкраты; 5 – стрела; 7 – кабина оператора; 8 – поворотная платформа; 9 – силовая установка; 10 – опорно-поворотное устройство; 11 – гусеничное ходовое устройство

Кроме экскаваторного оборудования экскаваторы ЕК270-05 могут быть оснащены рыхлителями, грейфером, шнековым буром, гидромолотом. Замена сменных рабочих органов осуществляется машинистом в полевых условиях с помощью быстросъемного устройства.

У экскаватора ЕК 400-05 в состав оборудования входят: обратная лопата с ковшами вместимостью 0,6–1,5 м<sup>3</sup>, рыхлитель и гидромолот.

В табл. 3.7 приведены варианты комплектации рабочего оборудования экскаваторов «КРАНЭКС» с различными модификациями стрел и рукоятей в зависимости от плотности грунта.

Таблица 3.7

Комплектация рабочего оборудования для экскаваторов «КРАНЭКС» и его металлоемкость, кг/м<sup>3</sup>

Рабочее оборудование	ЕК 270-05			ЕК 400-05
	Стрела 5,8 м			Стрела 7 м
	Рукоять 2,4 м	Рукоять 3,2 м	Рукоять 4,2 м	Рукоять 2,9 м
Ковш прямоугольный 0,6 м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	–
Ковш прямоугольный 0,8 м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	–	–
Ковш прямоугольный 1,0 м <sup>3</sup>	До 3000 кг/м <sup>3</sup>	До 1600 кг/м <sup>3</sup>	–	–
Ковш прямоугольный 1,2 м <sup>3</sup>	До 2500 кг/м <sup>3</sup>	–	–	–
Ковш прямоугольный 1,5 м <sup>3</sup>	До 1600 кг/м <sup>3</sup>	–	–	До 3000 кг/м <sup>3</sup>
Ковш прямоугольный 1,8 м <sup>3</sup>	–	–	–	До 2500 кг/м <sup>3</sup>
Ковш профильный 1,0 м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	До 1600 кг/м <sup>3</sup>	–	–
Ковш профильный 1,35 м <sup>3</sup>	До 1600 кг/м <sup>3</sup>	–	–	–
Ковш планировочный 0,6 м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	До 1600 кг/м <sup>3</sup>	–
Ковш планировочный 1,2 м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	До 1600 кг/м <sup>3</sup>	–	–
Ковш с откосниками 0,9 м <sup>3</sup>	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	–	–	–
Ковш погрузочный 2,3 м <sup>3</sup>	До 1100 кг/м <sup>3</sup>	–	–	–
Грейфер	До 2000 кг/м <sup>3</sup>	–	–	–
Гидромолот	> 2000 кг/м <sup>3</sup>	–	–	–
Шнековый бур	До 1600 кг/м <sup>3</sup>	–	–	–
Рыхлитель	> 2000 кг/м <sup>3</sup>	–	–	> 2000 кг/м <sup>3</sup>

Экскаваторы серии ЕК выпускаются по кооперации российского производителя и зарубежных поставщиков комплектующего оборудования. Их кабины снабжены гидроопорами «Simrit» и регулируемым креслом «Grammer» (Германия) с эргономичным профилем, которые существенно уменьшают вибрацию. Блоки управления с низким усилием на рычагах и педалях поставляются фирмой «Bosch Rexroth» (Германия). Многофункциональный цветной монитор обеспечивает возможность выбора рациональных режимов работы и управления, а также позволяет произвести предпусковую диагностику систем экскаватора. На мониторе установлена панель с приборами-указателями: температуры охлаждающей и рабочей жидкости; уровня топлива; давления масла в двигателе; а также индикаторы аварийной, предупредительной и информационной сигнализации, которые позволяют контролировать параметры двигателя, гидросистемы и электропитания сети. Для эффективного запуска двигателя при отрицательных температурах на экскаваторах устанавливается предпусковой подогреватель «Webasto» (Германия). Кабины этих экскаваторов оснащаются отопителем «Eberspacher» (Германия). Экскаваторы комплектуются преимущественно импортным гидрооборудованием: агрегатным насосом; гидрораспределителем; гидромоторами хода и поворота фирмы «Bosch Rexroth» (Германия); редукторами хода фирмы «Trasmital Bonfiglioli» (Италия). Редукторы имеют высокую надежность и обеспечивают необходимое тяговое усилие при преодолении подъемов и при выполнении поворотов. Металлоконструкции выполняются только из низколегированной стали, что обеспечивает их повышенную прочность и долговечность. Детали, испытывающие в процессе работы повышенные нагрузки, изготавливаются из высокопрочной стали 10 ХСНД, а для производства ковшей используются стали «Weldox» и «Hardox» (Швеция), обладающие повышенной прочностью и износостойкостью.

ООО «Ковровский экскаваторный завод» выпускает различные модификации гусеничных полноповоротных одноковшовых экскаваторов четвертой размерной группы ЭО-4225А, ЭО-4228 и пневмоколесный экскаватор ЭО-4328. Гусеничные экскаваторы «Ковровец» предназначены для разработки и погрузки грунтов I–IV категорий предварительно разрыхленных мерзлых и скальных грунтов V и VI категорий с кусками размерами 90–400 мм. Экскаваторы ЭО-4225А и ЭО-4228 (рис. 3.27) выполнены по одинаковой компоновочной схеме,

унифицированы. Рабочее оборудование экскаваторов включает: ковши вместимостью 0,6–1,42 м<sup>3</sup>; погрузочные ковши; многочелюстной грейфер; гидронужницы; гидромолот; рыхлитель. Экскаватор ЭО-4228 представляет собой усовершенствованную конструкцию серийного базового экскаватора ЭО-4225А и отличается от него в лучшую сторону технико-экономическими показателями, ремонтпригодностью, надежностью, усовершенствованной гидроаппаратурой, современным дизайном внешнего вида, более комфортными и безопасными условиями работы оператора.

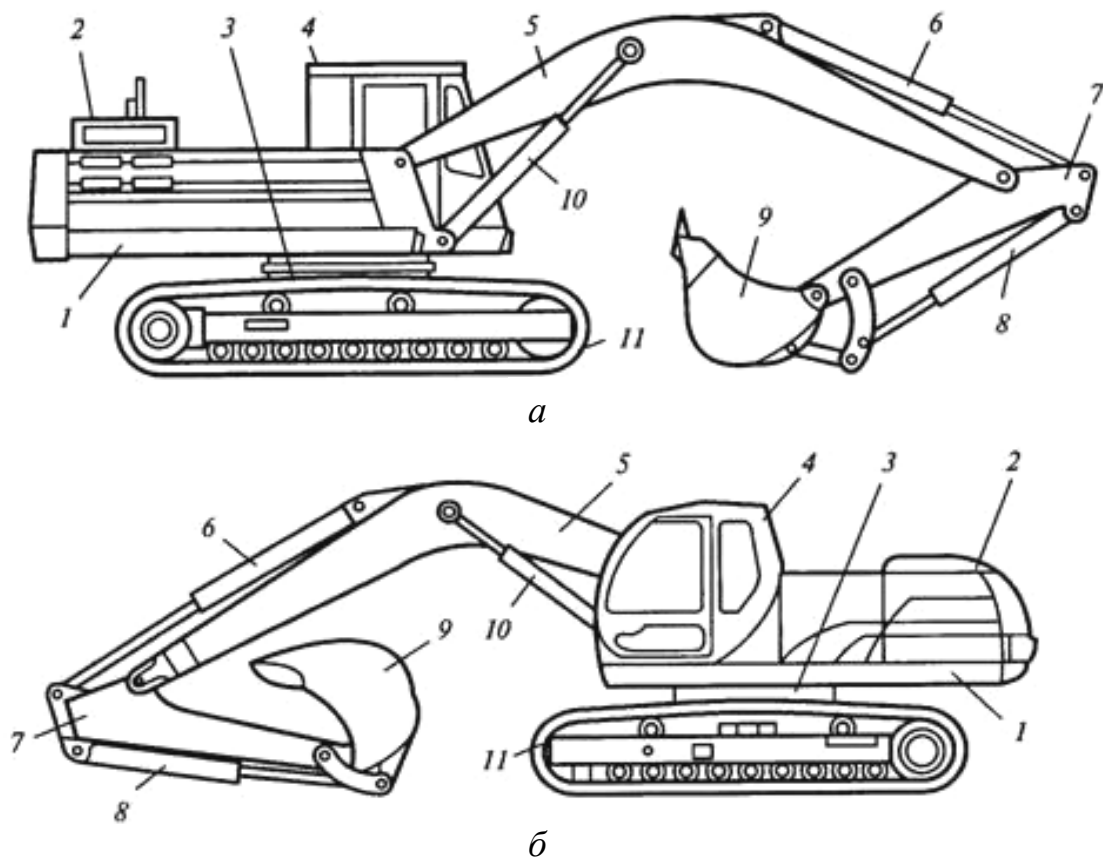


Рис. 3.27. Одноковшовые полноповоротные гусеничные экскаваторы ЭО-4225А-07 (а) и ЭО-4228 (б): 1 – поворотная платформа; 2 – силовая установка; 3 – опорно-поворотное устройство; 4 – кабина машиниста; 5 – моноблочная стрела; 6, 8, 10 – гидродомкраты рукояти, ковша и стрелы; 7 – рукоять; 9 – ковш; 11 – гусеничное ходовое устройство

Пневмоколесный экскаватор ЭО-4328 отличается от гусеничного экскаватора ЭО-4228 ходовым оборудованием и применяется для разработки и погрузки грунтов I–IV категорий, предварительно разрыхленных скальных пород и мерзлых грунтов с кусками крупностью

не более 200 мм, а также для планировочных работ на рассредоточенных объектах.

Экскаватор ЭО-4225А с подъемной кабиной имеет модификации: ЭО-4225А-07, ЭО-4225А-06 (рис. 3.28) и предназначен для выполнения перегрузочных работ.

Техническая характеристика экскаваторов «Ковровец» приведена в табл. 3.8.

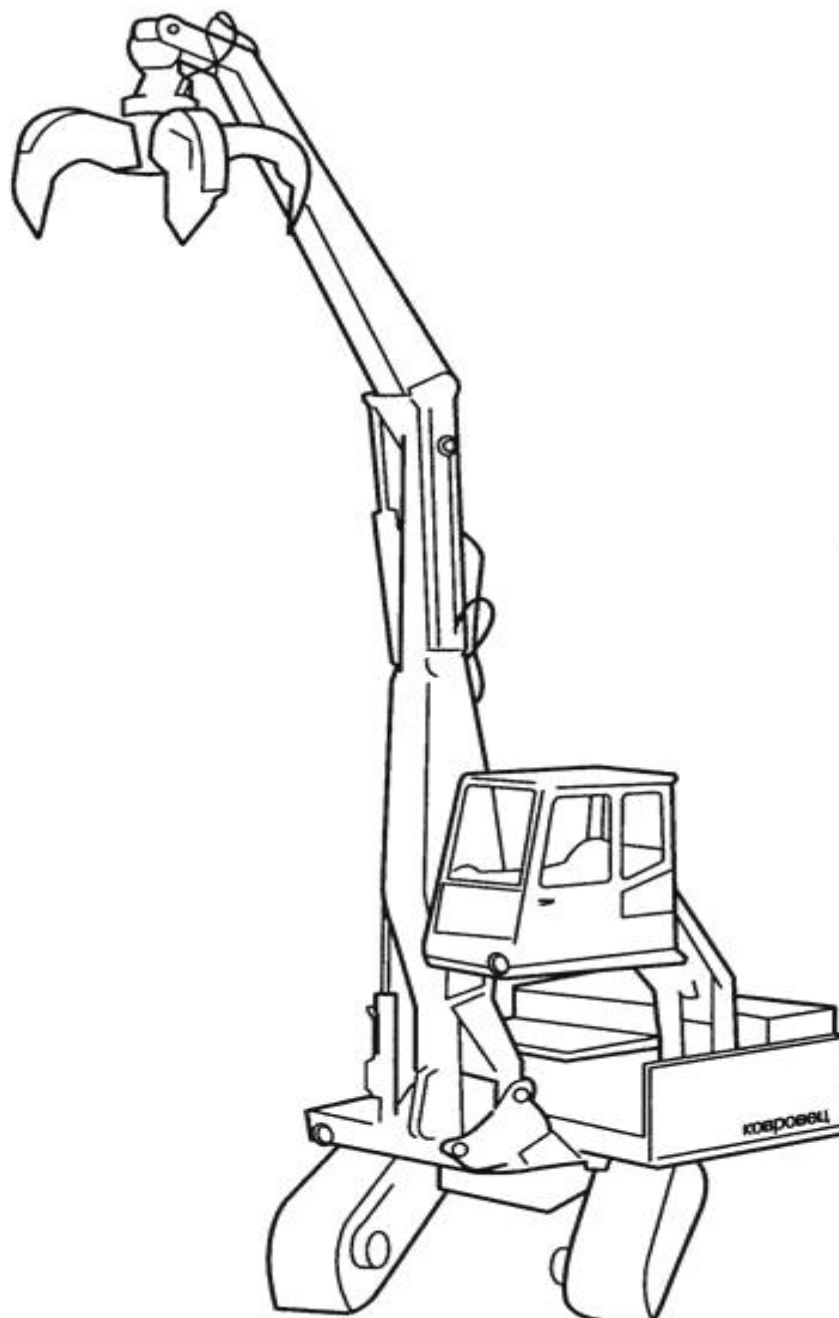


Рис. 3.28. Экскаватор ЭО-4225А-06

Таблица 3.8

## Техническая характеристика экскаваторов «Ковровец»

Параметры	Индекс машины		
	ЭО-4225А-07	ЭО-4228	ЭО-4328
Эксплуатационная масса, кг	26450	27340	23840
Дизель: модель	ЯМЗ-238ГМ2	ЯМЗ-236Н	ЯМЗ-236Н
мощность, кВт	125	169	169
Тип ходового устройства	Гусеничное		Пневмокошесное
Максимальное тяговое усилие	210	240	120
Максимальная скорость движения, км/ч	3,6	4,42	25
Наибольший преодолеваемый уклон твердого сухого пути, град	35	37	29
Среднее давление на грунт, КПа	55	61	–
Вместимость ковша обратной лопаты, м <sup>3</sup>	0,6–1,42	0,6–1,42	0,6–1,42
Максимальное усилие на режущей кромке ковша, кН	149	180	140
Максимальная кинематическая глубина копания, м	6,0	6,5	6,2
Максимальный радиус копания на уровне стоянки, м	9,3	10,25	10,25
Максимальная высота выгрузки, м	5,15	6,95	7,17
Продолжительность рабочего цикла, с	20	18	18
Максимальное давление в гидросистеме, МПа: в приводе рабочего оборудования и хода	28 и 25	28	28
в приводе поворота платформы	22	22	22
Размеры ходового устройства, мм:			
длина	4560	4650	5530
ширина	3150	3150	2500
база	3700	3700	2900
просвет под ходовой рамой	460	479	360

Воронежский экскаваторный завод ОАО «ВЭКС» (<http://www.veks.ru>) выпускает одноковшовые полноповоротные гидравлические экскаваторы двух типоразмерных групп: пневмоколесный четвертой группы ВЭКС 20К и гусеничные пятой группы ВЭКС 30L и ЭО-5225. Техническая характеристика этих экскаваторов приведена в табл. 3.9. Пневмоколесный полноповоротный гидравлический экскаватор ВЭКС 20К предназначен для разработки и погрузки грунтов I–IV категории, предварительно разрыхленных мерзлых грунтов, скальных пород с крупностью кусков не более 200 мм, а также для небольших планировочных работ.

Таблица 3.9

## Техническая характеристика экскаваторов ОАО «ВЭКС»

Параметры	Индекс машины		
	ВЭКС 20К	ВЭКС 30L	ЭО-5225
Эксплуатационная масса, т	21	31,5 (п/л); 30,8 (о/л)*	37,9 (п/л); 38,1 (о/л)
Дизель, модель	ЯМЗ-236Г	ЯМЗ-236Б	ЯМЗ-238Б с турбонадувом
мощность, кВт	111	180	220
Тип ходового устройства	Пневмоколесное	Гусеничное	
Среднее давление на грунт, кПа		60	73
Максимальная скорость движения, км/ч	20,7	5,1	3,6
Вместимость ковша, м <sup>3</sup> : прямой лопаты	–	1,6	2,0
обратной лопаты	1,05	1,25 (1,45)	1,85
Наибольшая кинематическая глубина (высота) копания, м	5,7	6,8	9,6 (п/л); 6,6 (о/л)
Наибольший радиус копания на уровне стоянки, м	9,35	10,4	8,98 (п/л); 10,8 (о/л)
Наибольшая высота выгрузки, м	6,55	7,2	5,2 (п/л); 6,4 (о/л)
Продолжительность рабочего цикла, с	18	17	20
Наибольшее давление в гидросистеме, МПа	28	28	28

\* (п/л) — для прямой лопаты; (о/л) — для обратной лопаты.

Основным рабочим оборудованием экскаватора ВЭКС-20К является обратная лопата с основным ковшом номинальной емкостью 1,05 м<sup>3</sup>. Для выполнения планировочных работ ходовое устройство машины оборудовано бульдозерным отвалом, который при копании грунта используют в качестве дополнительной опоры. Ходовой механизм экскаватора приводится в действие ведущими мотор – колесами с

регулируемыми гидромоторами и двухступенчатыми планетарными редукторами. Это позволяет регулировать скорость передвижения экскаватора в широком диапазоне и обеспечить высокую проходимость машины. Устойчивость машины обеспечивается бульдозерным отвалом и двумя выносными опорами. Синхронный поворот обоих мостов обеспечивается тягами мостов, образующих параллелограмм. В качестве привода рабочего оборудования, механизма поворота платформы и передвижения машины используются два аксиально-поршневых регулируемых гидронасоса. Привод системы сервоуправления и рулевого управления поворотными мостами комплектуется гидравлической системой немецкого производства фирмы «Boch Rexroth».

Гусеничный экскаватор ВЭКС-30L отличается от ЭО-5126 возможностью установки рабочего оборудования прямая лопата с ковшем вместимостью  $1,6 \text{ м}^3$ , а также ковша обратной лопаты вместимостью  $1,25\text{--}1,45 \text{ м}^3$  для разработки грунтов I и II категорий. Экскаватор может оснащаться гидравликой немецкой фирмы «Boch Rexroth» с максимальным рабочим давлением 28 МПа. Для поворота платформы используются гидромоторы и двухступенчатые планетарные редукторы с дисковыми тормозами. Ходовое устройство экскаватора ВЭКС-30L выполнено по болотоходному варианту и может оснащаться гусеничными лентами шириной 600 и 900 мм. Большое тяговое усилие (225 кН) обеспечивает передвижение машины в самых тяжелых условиях. Сменное рабочее оборудование включает грейфер, рыхлитель, гидромолот с энергией удара до 6 кДж, ковши различной вместимости.

Гусеничный экскаватор ЭО-5225 аналогичен по конструкции экскаватору ВЭКС-30L и предназначен для разработки грунтов I–IV категорий, погрузки предварительно разрыхленных скальных пород и мерзлых грунтов с кусками крупностью не более  $1/3$  ширины ковша емкостью  $1,85 \text{ м}^3$  (обратная лопата) и  $2,0 \text{ м}^3$  (прямая лопата). На экскаватор можно устанавливать 12 видов навесного оборудования. Экскаватор оснащается импортной гидравликой производства фирмы «Boch Rexroth». Экскаватор оснащен комфортной кабиной оператора, оборудованной креслом-пультом со встроенными колонками управления фирмы «Boch Rexroth».

ОАО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» (<http://www.uvz.ru>) выпускает гусеничные гидравлические экскаваторы ЭО-5126 (рис. 3.29), ЭО-4126 и экскаватор ЭО-33211 на пневматическом ходу.



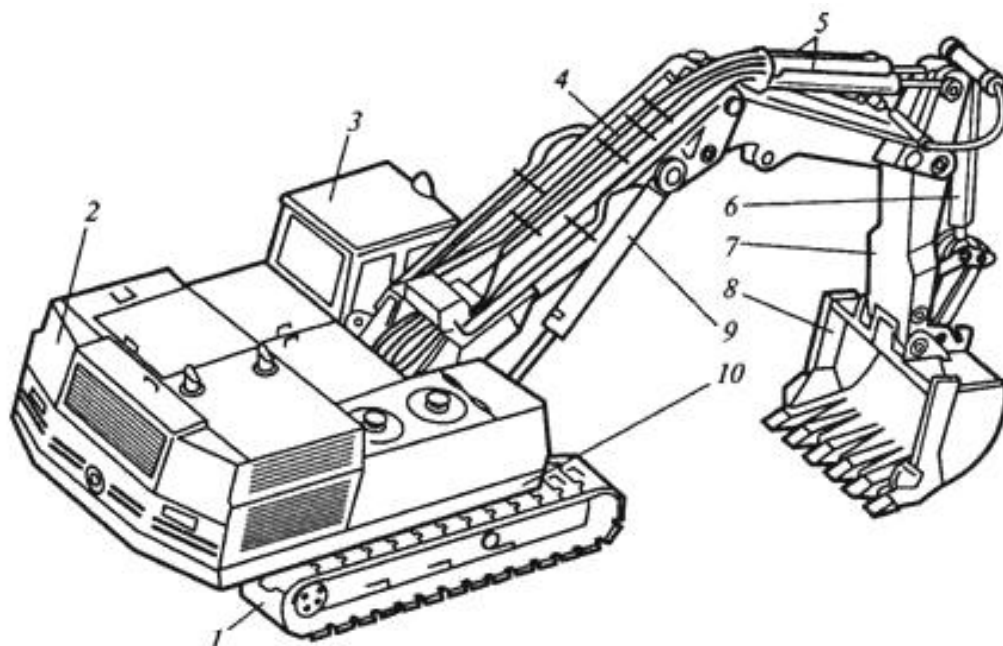


Рис. 3.29. Одноковшовый полноповоротный гусеничный экскаватор пятой размерной группы ЭО-5126: 1 – гусеничное ходовое устройство; 2 – противовес; 3 – кабина; 4 – стрела; 5, 6, 9 – гидродомкраты рукояти, ковша и стрелы; 7 – рукоять; 8 – ковш обратной лопаты; 10 – поворотная платформа

В конструкции экскаватора ЭО-4126 использованы гусеничная тележка, рабочее оборудование, основные узлы поворотной платформы экскаватора ЭО-5126. На экскаваторе ЭО-4126 установлен двигатель ЯМЗ-236М2-26 (132 кВт) и гидродомкраты рабочего оборудования с поршнем диаметром 160 мм. Экскаваторы ЭО-4126 и ЭО-5126 предназначены для разработки немерзлых грунтов I–IV категорий, а также предварительно разрыхленных мерзлых и скальных пород с кусками размером не более 500 мм.

Техническая характеристика экскаваторов ЭО-4126/ЭО-5126 приведена в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Техническая характеристика экскаваторов ЭО-4126/ЭО-5126  
ОАО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод»

Эксплуатационная масса, т	28,5/32
Мощность двигателя, кВт	132/132
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	1,25; 1,45; 1,65 / 0,8; 1,0; 1,25; 1,42; 1,5
Наибольшая глубина копания, м	6,2/6,2
Наибольший радиус копания, м	9,6/9,6
Наибольшая высота выгрузки, м	5,9/5,8
Скорость передвижения, км/ч	3,67/4

Рабочее оборудование экскаваторов включает рыхлитель и ковши: рабочий (1,45 м<sup>3</sup>), погрузочный (1,7 м<sup>3</sup>), усиленный (1,25 м<sup>3</sup>), узкий (0,8 м<sup>3</sup>).

Универсальный пневмоколесный экскаватор ЭО-33211 предназначен для разработки немерзлых грунтов I–IV категорий и предварительно разрыхленных мерзлых грунтов и скальных пород с кусками крупностью не более 200 мм (табл. 3.11).

Таблица 3.11

## Техническая характеристика экскаватора ЭО-33211

Эксплуатационная масса, т	18,0
Вместимость ковша (номинальная), м <sup>3</sup>	0,85 (1,05)
Скорость движения, км/ч:	
первая передача	8
вторая передача	25
Максимальная глубина копания, м	5,9
Максимальная высота выгрузки, м	6,5
Максимальный радиус копания, м	9,2
Минимальный радиус поворота, м	9,2
Клиренс, м	0,34
Двигатель:	
марка	ЯМЗ-236М2
мощность, кВт	110
Максимальное давление в гидросистеме, МПа	32
Диаметр опорно-поворотного устройства, мм	1400
Габаритные размеры в транспортном положении, мм	9500×2500×3680
Сменное рабочее оборудование	Рыхлитель

*Зарубежные гидравлические экскаваторы «Caterpillar»*

На рис. 3.30 представлен гидравлический гусеничный экскаватор фирмы «Caterpillar» (<http://rossiya.cat.com>), а на рис. 3.31 представлен один из пневмоколесных вариантов. Фирма специализируется на выпуске одноковшовых гидравлических экскаваторов типа прямой или обратной лопат. Экскаваторы малой, средней и большой мощности включают рабочее, транспортирующее, ходовое и силовое оборудование, а также трансмиссии, механизмы управления, платформу, надстройку и кузов. В состав рабочего оборудования входят ковш, рукоять и стрела. С помощью гидравлических домкратов осуществляется подъем – опускание стрелы, поворот рукояти и ковша.



Рис. 3.30. Экскаватор гусеничный малой мощности

Выходная мощность двигателя SAE J 1995 Cat® C18 составляет 522 кВт (700 л. с.), а QSK19 – 477 кВт (640 л. с.) Вместимость стандартного ковша экскаватора – 7 м<sup>3</sup>.



Рис. 3.31. Экскаватор пневмоколесный малой мощности

Двигатель Cat® C4.4 с технологией ACERT™ полезной мощностью 95 кВт. Максимальная скорость хода 37 км/ч. Модель двигателя Cat® C4.4 полезной мощностью 108 кВт. Максимальная скорость хода 34 км/ч.

### 3.3. Типы и типоразмеры выемочно-транспортирующих машин

Бульдозер представляет собой самоходную землеройно-транспортную машину циклического действия и предназначен для послойного срезания грунта, перемещения его на небольшие расстояния к месту укладки и разравнивания [24, 27].

Бульдозер включает базовую машину, в виде трактора или специального тягача, и навесное оборудование: отвал, рыхлитель.

Классификация бульдозеров производится по следующим критериям: по назначению, области применения, тяговому классу, типу

ходовой части, конструкции рабочего органа и виду управления рабочим органом.

По области применения различают бульдозеры общего назначения и специальные. Первые используют для выполнения основных видов землеройно-транспортных и вспомогательных работ на различных грунтах и в климатических условиях умеренной зоны с температурой окружающей среды  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и холодного климата с температурой воздуха до  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Специальные бульдозеры применяют для выполнения целевых работ в тяжелых горно-геологических условиях. К ним относятся, например, бульдозеры-толкачи для работы в комплексе с колесными скреперами.

В зависимости от тягового усилия базовых машин бульдозеры по тяговому классу классифицируются на: малогабаритные (класс до 0,9, мощность 18,5–37 кВт), легкие (класс 1,4–4, до 40 кН, мощность 37–96 кВт), средние (класс 6–15, усилие до 90 кН, мощность 103–154 кВт), тяжелые (класс 25–35, усилие от 150 до 350 кН, мощность 220–405 кВт) и сверхтяжелые (класс свыше 35, усилие до 750 кН, мощность 510 кВт и более).

По типу ходовой части бульдозеры разделяют на гусеничные (рис. 3.32) и пневмоколесные (рис. 3.33).

Бульдозеры выполняют большой объем работ по проходке траншей, при проведении горноразведочных открытых выработок, на вскрышных и добычных работах. Их широко применяют для совместной работы с экскаваторами, скреперами и автомобилями-самосвалами. Бульдозеры выполняют также следующие вспомогательные работы: расчистку площадок от деревьев и кустарника, удаление растительного слоя, снега и камней, засыпку ям, проходку канав. Гусеничные бульдозеры используют в тяжелых грунтовых условиях, а пневмоколесные бульдозеры используют в более легких дорожных условиях и при частых переездах с объекта на объект на большие расстояния.

Пневмоколесные бульдозеры, обладая высокой скоростью передвижения (максимальная скорость вперед и назад до 50 км/ч) и маневренностью благодаря шарнирно-сочлененной раме, являются высокопроизводительными машинами, выполняющими разнообразные работы: вскрытие наносов, отвалообразование, строительство плотин и очистку полигонов от растительного слоя, расчистку и планировку площадок и дорог, сгребание породы к подошве нава-

ла для эффективной работы экскаватора, зачистку уступов и др. Они выполняют также роль тягача-толкача для загрузки мощных скреперов, работают с оборудованием рыхлителя.

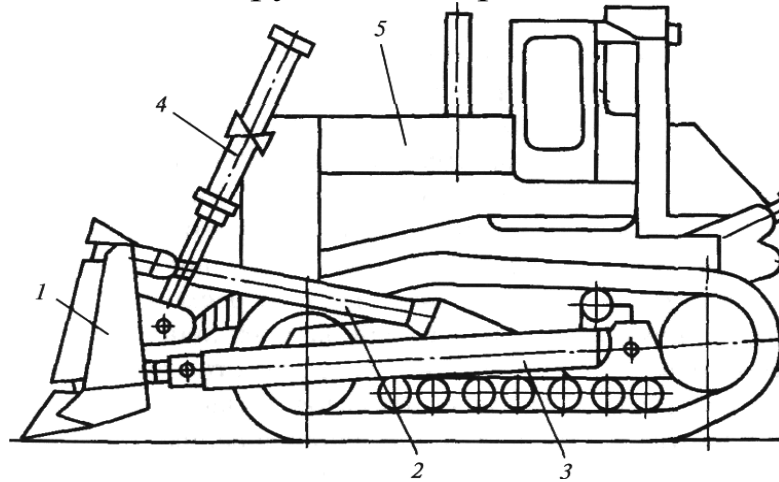


Рис. 3.32. Общий вид гусеничного бульдозера: 1 – отвал; 2 – толкатель; 3 – рама; 4 – гидродомкрат; 5 – базовый трактор

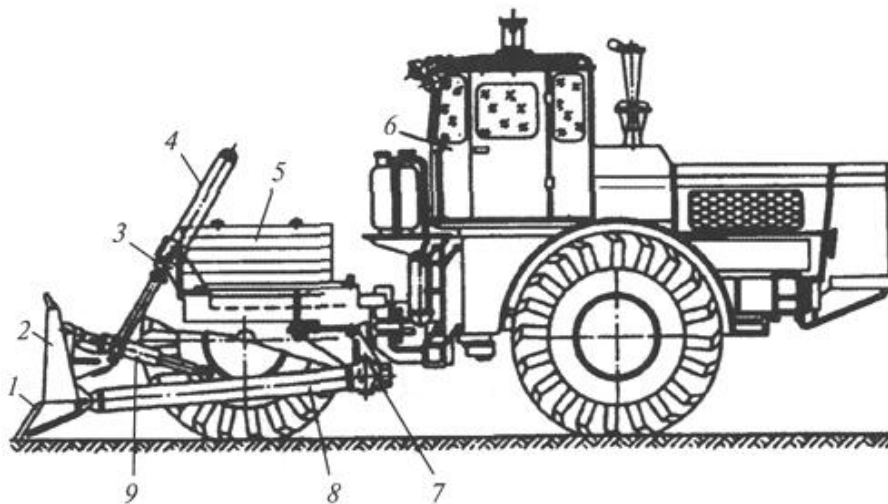


Рис. 3.33. Общий вид колесного бульдозера: 1 – нож; 2 – отвал; 3 – кронштейн; 4 – гидродомкрат; 5 – балласт; 6 – кабина; 7 – рама крепления бруса; 8 – толкающий брус; 9 – гидродомкрат

Бульдозеры на пневмоколесном ходу более просты в эксплуатации и ремонте, чем на гусеничном ходу. Ходовая часть пневмоколесных тракторов примерно в три раза долговечнее ходовой части гусеничных тракторов. Пневмоколесные бульдозеры наиболее целесообразно использовать в карьерах небольшой производительности со сравнительно малыми объемами бульдозерных работ, сосредоточенных на разных горизонтах.

Оборудование, закрепленное на передней части машины, имеет рабочий орган в виде отвала, устройство для соединения его с базовой машиной и механизм управления отвалом.

Отвал обычно выполнен в виде лобового листа, рабочая сторона которого имеет гладкую поверхность, а обратная усиленная ребрами жесткости и кронштейнами служит для крепления отвала к базовой машине. К нижней части листа для разрушения породы прикрепляются сменные ножи.

Устройство для соединения отвала с базовой машиной выполняется в виде двух брусьев с раскосами или рамы с раскосами. Механизм управления отвалом, осуществляющий его подъем и опускание, оснащается гидродомкратами.

По конструкции рабочего органа различают бульдозеры с неповоротным и поворотным отвалами (рис. 3.34).

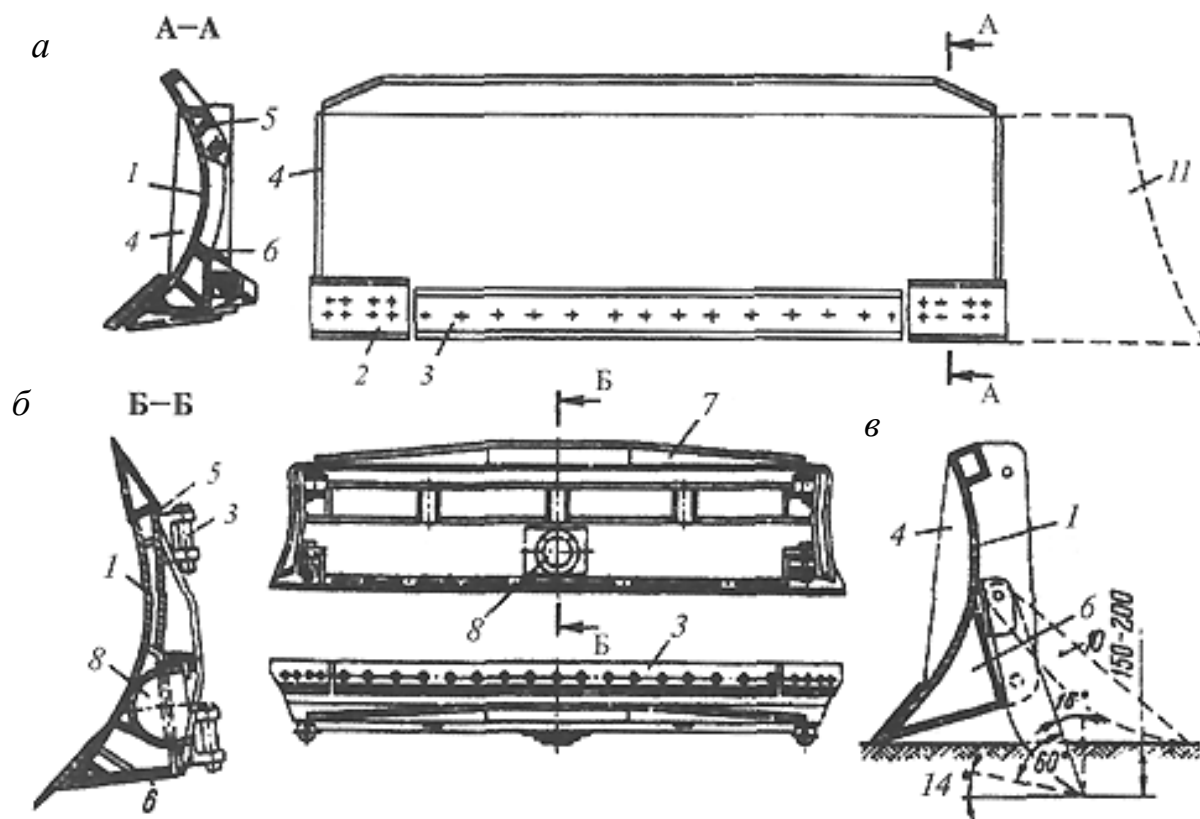


Рис. 3.34. Конструкции бульдозерных отвалов: *а* – неповоротного; *б* – поворотного; *в* – со сменным рыхлящим зубом; 1 – лобовой лист; 2, 3 – ножи боковой и средней соответственно; 4 – боковина; 5, 6 – верхняя и нижняя коробки; 7 – козырек; 8 – подпятник для шарнирной головки; 9 – палец крепления отвала к боковым цапфам; 10 – зуб; 11 – открьлок-удлиннитель

В первом случае неповоротный отвал расположен перпендикулярно продольной оси базовой машины и не может перемещаться в горизонтальной плоскости. При этом угол, образуемый отвалом и продольной осью машины, называемый углом установки отвала в горизонтальной плоскости, составляет  $90^\circ$ .

Во втором случае у бульдозеров с поворотным отвалом возможен поворот отвала в горизонтальной плоскости. Угол установки отвала при этом варьируется от  $90$  до  $54^\circ$ . Регулирование данного угла осуществляется с помощью гидродомкратов.

По типу управления рабочим органом бульдозеры разделяют на бульдозеры с механическим (канатно-блочным) и гидравлическим управлением. При механическом управлении отвал опускается, и его нож врезается в грунт под действием собственной массы отвала, а подъем отвала осуществляют канатом, навиваемым на барабан лебедки. При механическом управлении невозможно принудительное заглубление ножа в грунт, что снижает эффективность применения бульдозеров на плотных грунтах. Бульдозеры с механическим управлением промышленностью не выпускаются, но они еще находят применение (рис. 3.35, 3.36).

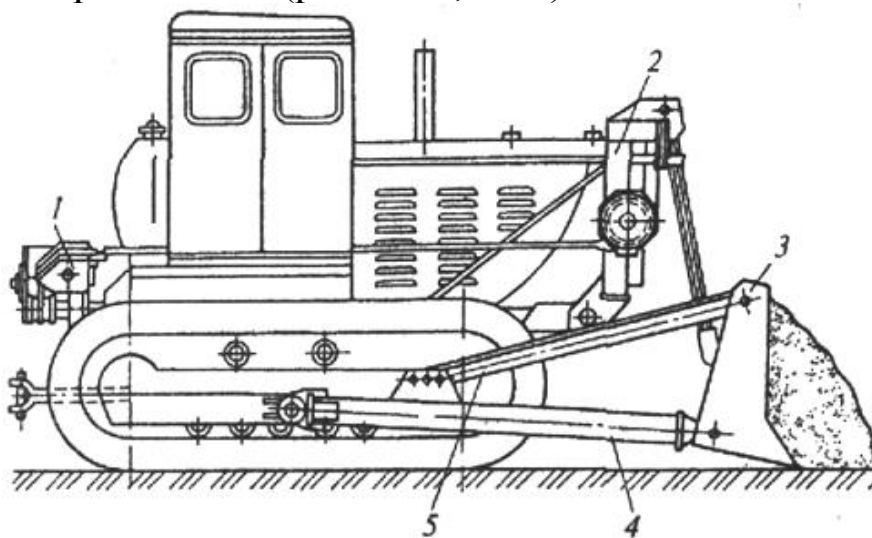


Рис. 3.35. Устройство бульдозера

Бульдозер (рис. 3.35) имеет навесное оборудование, которое состоит из отвала 3 с ножом, толкающей рамы 4, раскосов 5, передней стойки 2 и лебедки 1. Отвал бульдозера приводится в действие лебедкой с механическим управлением или гидродомкратами от его гидросистемы. Задними концами бруска толкающей рамы шарнирно присоединены к тележкам гусениц. На передней стойке бульдо-

зера монтируют блочную систему – полиспаст, который связывает отвал с лебедкой.

Бульдозер Д-686 (рис. 3.36) неповоротного типа с канатно-блочным управлением является навесным оборудованием на тракторе Т-100М. Управление отвалом осуществляется лебедкой.

Бульдозер 2 состоит из отвала 6 с ножами, подъем которого осуществляет однобарабанная лебедка 1 посредством четырехкратного полиспаста 3, который смонтирован на отвале и передней стойке 5. Стальной канат 4 с помощью направляющих блоков поднимает отвал с толкающими балками 8 и винтовыми раскосами 7, установленными на рамах тележек гусениц в опорных шарнирах 9.

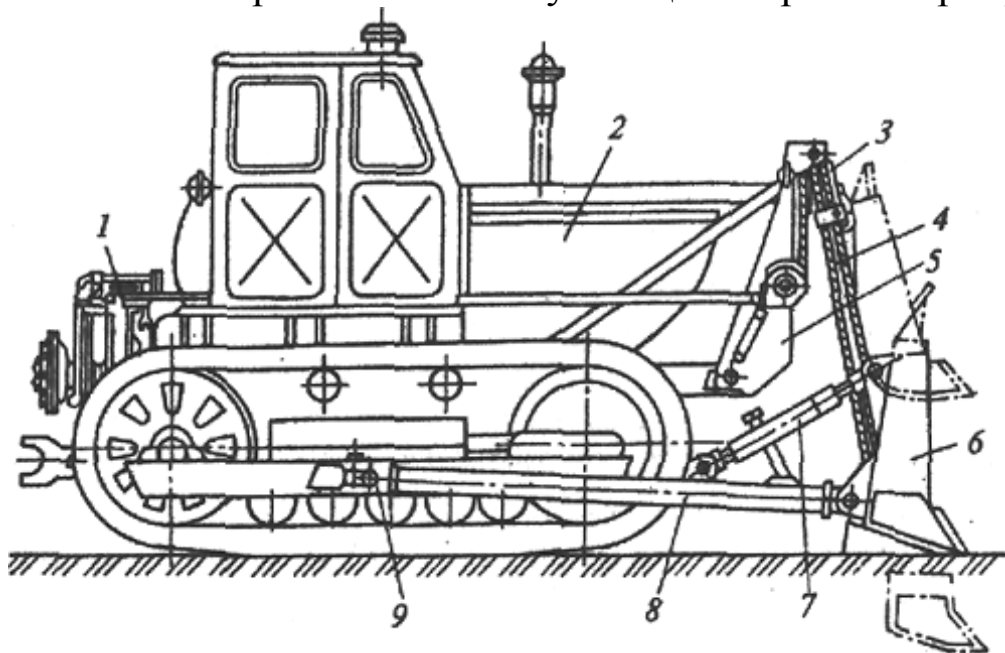


Рис. 3.36. Устройство бульдозера Д-686

Отвал бульдозера представляет собой сварную металлическую конструкцию с лобовым листом криволинейной формы и снабжен сменными ножами: двумя боковыми и одним средним. Толкающие балки имеют пустотелое коробчатое сечение, шарнирно соединены с отвалом и рамой тележки гусеницы. Передняя стойка представляет собой П-образную сварную конструкцию, нижние концы которой опираются на цапфы, приваренные к основной раме.

В верхнем правом углу передней стойки подвешена верхняя двухблочная неподвижная обойма полиспаста, образующая с нижней подвижной двухблочной обоймой четырехкратный полиспаст подъема отвала.



У бульдозеров с гидравлическим управлением опускание и подъем отвала осуществляют гидродомкратами, штоки которых соединены с рамой бульдозерного оборудования или отвалом. Для управления отвалом используется гидросистема базовой машины. Этот тип управления может фиксировать отвал в любом положении, что позволяет разрабатывать плотные грунты, качественно осуществлять планировочные работы.

Бульдозер Д-494А (рис. 3.37) с гидравлическим управлением является навесным оборудованием на тракторе Т-100МГП. На базовом тракторе 1, снабженном стойкой 4, гидросистемой с гидродомкратами 3 и шаровой цапфой 2, с помощью опорных шарниров 8 установлен отвал 6 с толкающими балками 7 и опорами 9. Винтовые раскосы 5, соединяющие верхнюю часть отвала с толкающими балками, служат для изменения угла резания и поперечного перекося отвала.

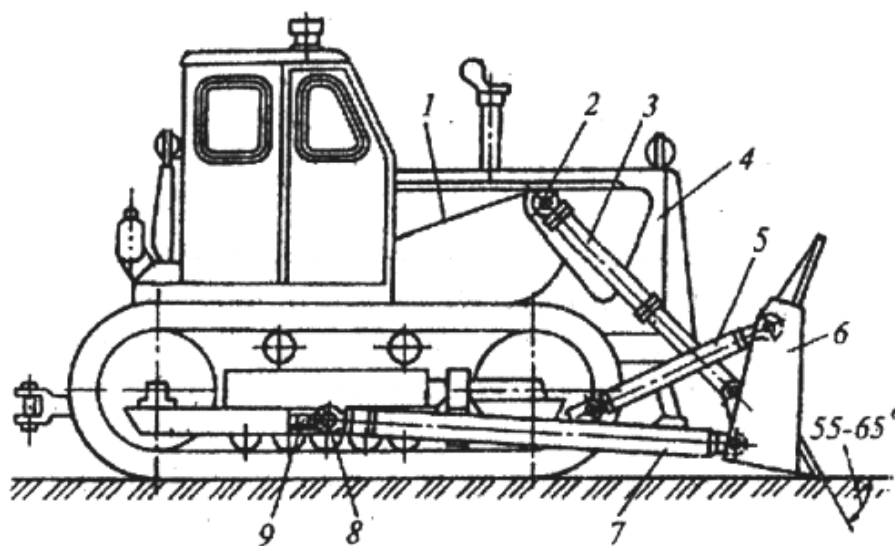


Рис. 3.37. Устройство бульдозера Д-494А

Отвал с ножами представляет собой сварную конструкцию. Лобовой лист состоит из двух частей: верхней, изогнутой по радиусу, и нижней. Нижняя часть имеет отверстие для крепления боковых и средних ножей. Нижняя кромка листа дополнительно усилена ребрами, а верхняя часть укреплена уголком. К уголку и лобовому листу сверху приварен козырек. К торцам отвала приварены боковые стенки и на некотором расстоянии от них – промежуточные внутренние стенки. Все они попарно связаны скобами и имеют отверстия для крепления толкающих брусьев и винтовых раскосов. С задней стороны к отвалу приварены два кронштейна с отверстиями

ми для соединения со штоками гидродомкратов. К переднему и заднему торцам приварены проушины, с помощью которых толкающий брус соединяют шарнирно с отвалом и опорой, приваренной к гусеничной тележке бульдозера.

Управление подъемом и опусканием отвала производится двумя гидродомкратами с внутренними диаметрами 100 мм, развивающими максимальное усилие при принудительном опускании отвала 18 кН.

Универсальный бульдозер Д-493А с гидравлическим управлением – это навесное оборудование на тракторе Т-100МПП. В отличие от бульдозера Д-494А имеет поворотный отвал. Подъем и принудительное заглубление отвала производятся гидродомкратами.

Рама снабжена кронштейнами для крепления толкателей. Шарнирное соединение рамы с гусеничными тележками трактора осуществляется проушинами, осями и опорами. Для увеличения рабочей высоты отвала в верхней его части имеется козырек. Толкатели служат для крепления отвала к раме. Они состоят из горизонтальных брусьев и винтовых раскосов.

#### *Легкие бульдозеры*

Бульдозер ДЗ-101 (ДЗ-101А) (рис. 3.38, табл. 3.12) предназначен для разрушения, перемещения и планировки грунтов I–III категорий. Отвал бульдозера шарнирно соединен с продольными брусьями четырьмя раскосами, два из которых винтовые. Один из верхних раскосов выполнен в виде гидродомкрата, который обеспечивает поворот отвала в вертикальной плоскости. Управление отвалом осуществляется двумя гидродомкратами.

#### *Средние бульдозеры*

Бульдозер ДЗ-110 в отличие от бульдозера ДЗ-109 имеет неповоротный отвал. Модификации этого бульдозера – ДЗ-110ХЛ (для работы в условиях холодного климата), ДЗ-110А (рис. 3.39, табл. 3.12), ДЗ-110В и ДЗ-110А-1. Бульдозер ДЗ-110А имеет базовый трактор Т-130М, а модификация ДЗ-110А-1 выполнена с системой автоматического управления отвалом.

#### *Тяжелые бульдозеры*

Бульдозер ДЗ-59ХЛ (рис. 3.40, табл. 3.12) предназначен для разработки и перемещения мерзлых грунтов и скальных пород в условиях холодного климата. Отвал этого бульдозера выполнен неповоротным и с козырьком в верхней части. Боковины отвала могут быть

оснащены ножами. Один из раскосов выполнен гидравлическим, а другой – винтовым. С помощью гидродомкратов регулируется поворот отвала, а с помощью винтового раскоса – его угол резания.

Бульдозер ДЗ-60ХЛ предназначен для разработки и перемещения мерзлых грунтов и скальных пород в условиях холодного климата. Наличие поворотного отвала позволяет использовать бульдозер на засыпке котлованов, траншей и перемещении грунта.

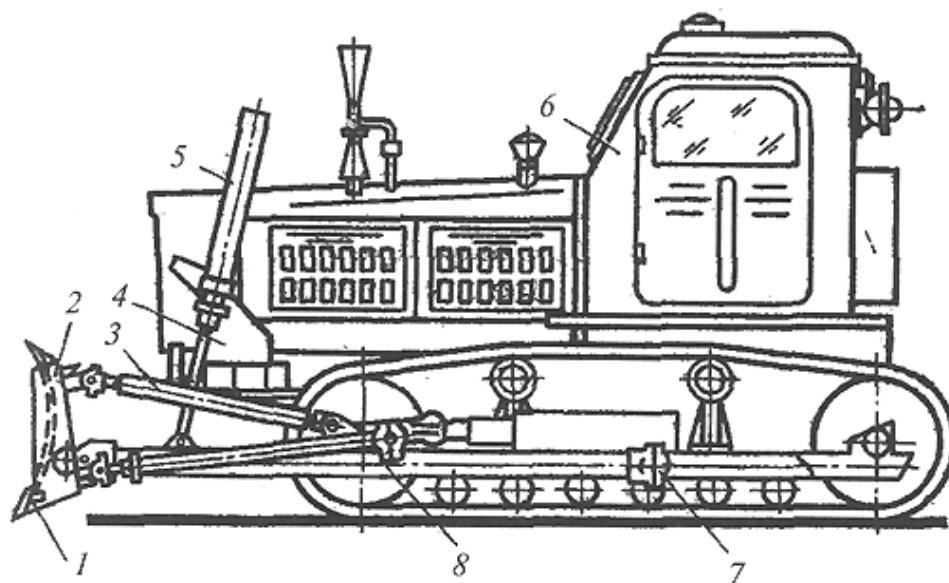


Рис. 3.38. Бульдозер ДЗ-101А: 1 – нож; 2 – отвал; 3 – винтовой раскос; 4 – кронштейн гидродомкрата; 5 – гидродомкрат; 6 – трактор; 7 – шарнир; 8 – толкающий брус

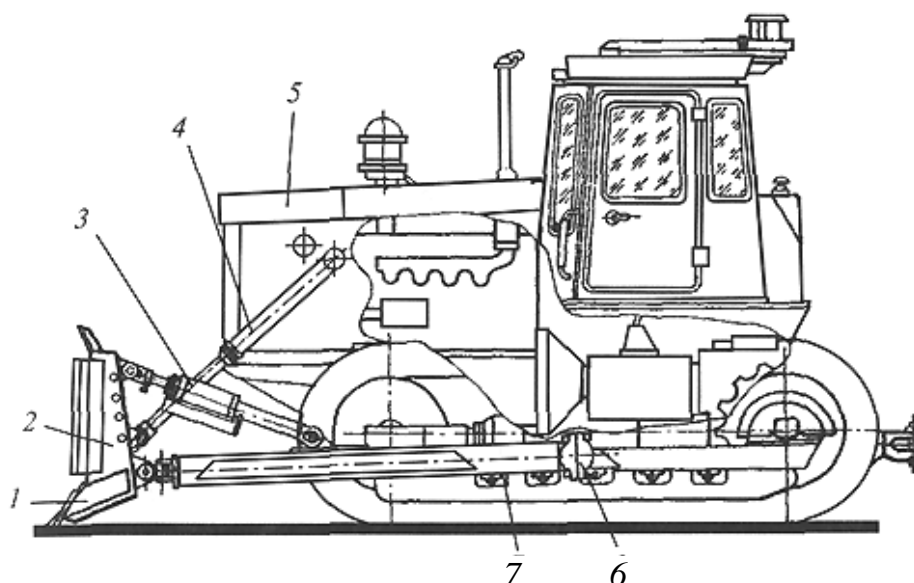


Рис. 3.39. Бульдозер ДЗ-110А: 1 – нож; 2 – отвал; 3 – гидрораскос; 4 – гидроцилиндр; 5 – трактор; 6 – шарнир; 7 – толкающий брус

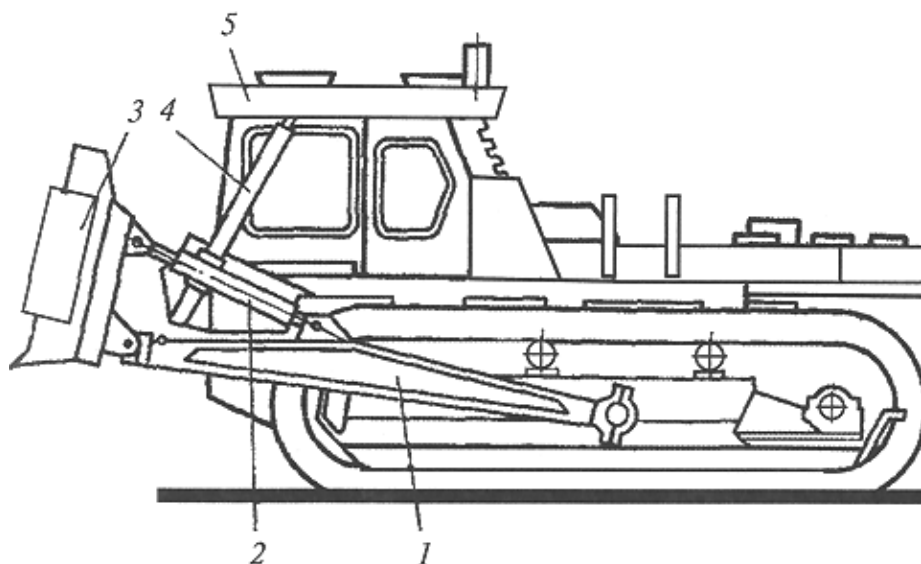


Рис. 3.40. Бульдозер ДЗ-59ХЛ: 1 – толкающий брус; 2 – раскос; 3 – отвал; 4 – гидродомкрат; 5 – трактор

С помощью толкателей и раскосов отвал регулируется в плане относительно оси машины, что позволяет изменять угол перекоса отвала в каждую сторону и угол резания. Рабочая жидкость к гидродомкратам подъема и опускания отвала подводится безрукавным способом.

Таблица 3.12

#### Техническая характеристика бульдозеров

Показатели	ДЗ-101А	ДЗ-110	ДЗ-110А	ДЗ-59ХЛ	ДЗ-35С	ДЗ-34С
Трактор	Т-4АП2-С1	Т-130	Т-130.1.Г1	Т-330	Т-180Г	ДЭТ-250
Мощность, кВт	96	118	118	244	133	222
Тяговый класс, кН	40	60	60	250	150	250
Параметры отвала, м:						
длина	2,8	3,22	3,22	4,73	3,64	4,54
высота	1,05	1,15	1,18	1,05	1,23	1,40
подъем	0,86	0,90	0,995	0,86	0,70	0,84
опускание	0,435	0,50	0,465	0,435	0,40	0,40
Масса, т:						
навесного оборудования	1,6	2,4	2,0	7,8	3,4	4,0
бульдозера	9,9	16,3	16,0	46,5	18,8	31,4

#### *Бульдозеры-рыхлители и бульдозеры-толкачи*

Бульдозеры-рыхлители предназначены для предварительного рыхления мерзлых грунтов повышенной прочности с последующей их раз-

работкой и перемещением к месту укладки. Эти бульдозеры-рыхлители оснащаются бульдозерным и рыхлительным оборудованием.

На рис. 3.41 показан бульдозер ДЗ-35С с рыхлительным оборудованием ДП-22С (табл. 3.13). Бульдозер-рыхлитель тяжелого типа на базе трактора ДЭТ-250М показан на рис. 3.42.

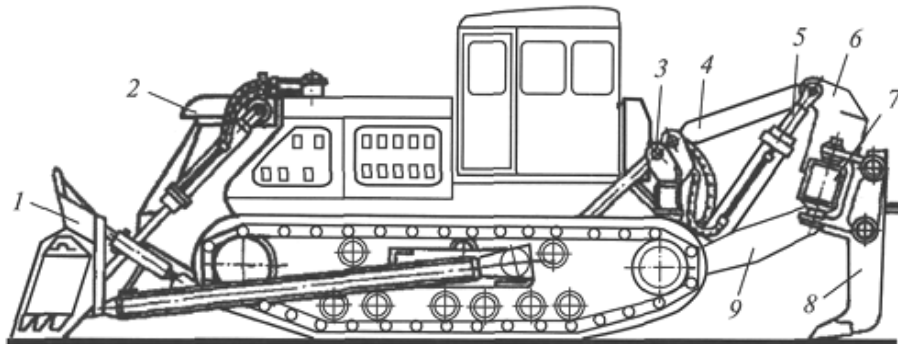


Рис. 3.41. Бульдозер ДЗ-35С с рыхлителем ДП-22С: 1 – бульдозерное оборудование; 2 – трактор; 3 – верхняя рама рыхлителя; 4 – верхняя тяга; 5 – гидродомкрат; 6 – балка; 7 – поворотное устройство; 8 – зуб; 9 – нижняя рама

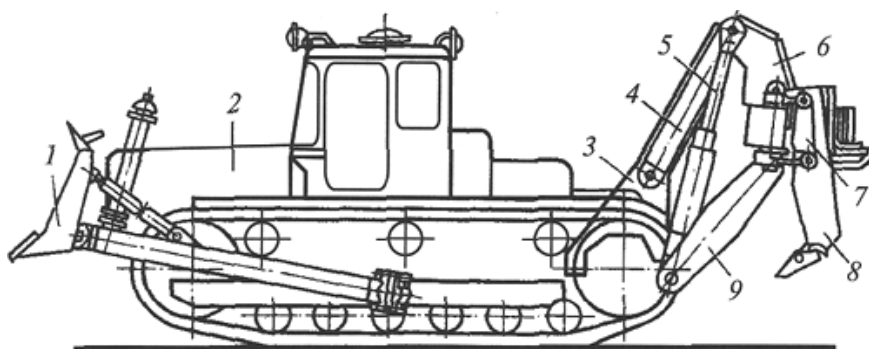


Рис. 3.42. Бульдозер ДЗ-34С с рыхлительным оборудованием ДП-9С: 1 – бульдозерное оборудование; 2 – трактор; 3 – верхняя рама рыхлителя; 4 – верхняя тяга; 5 – гидродомкрат; 6 – балка; 7 – поворотное устройство; 8 – зуб; 9 – нижняя рама

Для расширения области применения и повышения производительности бульдозеры снабжаются следующим дополнительным навесным оборудованием: открьлки, уширители, удлинители, рыхлительные зубья, кирковщик, гребенчатые ножи, откосник, опорные лыжи, грузовые вилы и подъемный крюк (рис. 3.43, 3.44).

Для точности планировки мест отсыпки грунта, увеличения производительности машин и снижения утомляемости машинистов бульдозеры оснащают системами автоматического управления типов «Автоплан-1» или «Комбиплан-10».

Бульдозеры массой 6–10 т и более дополнительно агрегируются навесным рыхлительным оборудованием, образуя бульдозерно-рыхлительные агрегаты. Их используют для разработки грунтов повышенной прочности, а также мерзлых грунтов.

В зависимости от условий работ применяют отвалы различных форм. Прямой отвал имеет прямую поверхность, изогнутые боковые щитки и ножи для уменьшения сопротивления внедрения отвала в грунт. Такой отвал применяют для выемки крепких пород.

Универсальный отвал служит для планировочных работ, а сферический используют главным образом в мягких и средней крепости породах при больших расстояниях перемещения грунта и мощности бульдозеров не менее 130 кВт. Изогнутая в плане форма отвала обеспечивает косое резание, которое несколько уменьшает сопротивление внедрения отвала в грунт и позволяет перемещать на 20–25 % больше породы по сравнению с прямым отвалом. Масса сферического отвала примерно на 10 % больше прямого.

Применение отвалов сферической формы в зависимости от категории разрабатываемых пород и их влажности позволяет увеличить производительность машин на 15–20 % при перемещении породы на короткие расстояния.

Отвал с рыхлящими боковыми зубьями применяют в очень крепких породах для гусеничных бульдозеров мощностью не менее 180 кВт и колесных – не менее 220 кВт. Отвал применяют при перемещении породы на короткие расстояния.

Совковый отвал оснащается большими боковыми щитками и для лучшего врезания в породу имеет выступающую среднюю часть ножа. Он применяется при перемещении мягких пород на большие расстояния и является одним из наиболее эффективных за счет увеличения объема вала породы, перемещаемого за один заезд и сокращения потерь грунта при ее транспортировании. Для увеличения объема вала перемещаемого грунта применяют также уширители, укрепленные с обеих сторон отвала под углом  $60^\circ$  к оси направления его движения. Их режущая кромка, армированная сменными ножами, приподнята на 100 мм выше режущей кромки отвала.

При перемещении вала породы бульдозером уширители образуют и транспортируют дополнительный объем грунта, породы. В зависимости от категории разрабатываемых пород объем породы в уширителях изменяется от 0,1 до 0,6 м<sup>3</sup>. Установка уширителей

целесообразна на бульдозерах с повышенной мощностью. Применение уширителей на бульдозерах с тракторами Т-140 и Т-180 повышает износостойчивость ходовой части этих тракторов, так как предохраняет ее от попадания горной массы.

Открылки – это боковые щитки шириной 200–300 мм, укрепленные с обеих сторон отвала бульдозера. К верхней кромке отвала приваривают козырек высотой 150 мм, увеличивающий площадь лобового листа отвала и объем вала породы, перемещаемой бульдозером за один заезд на 14–24 %.

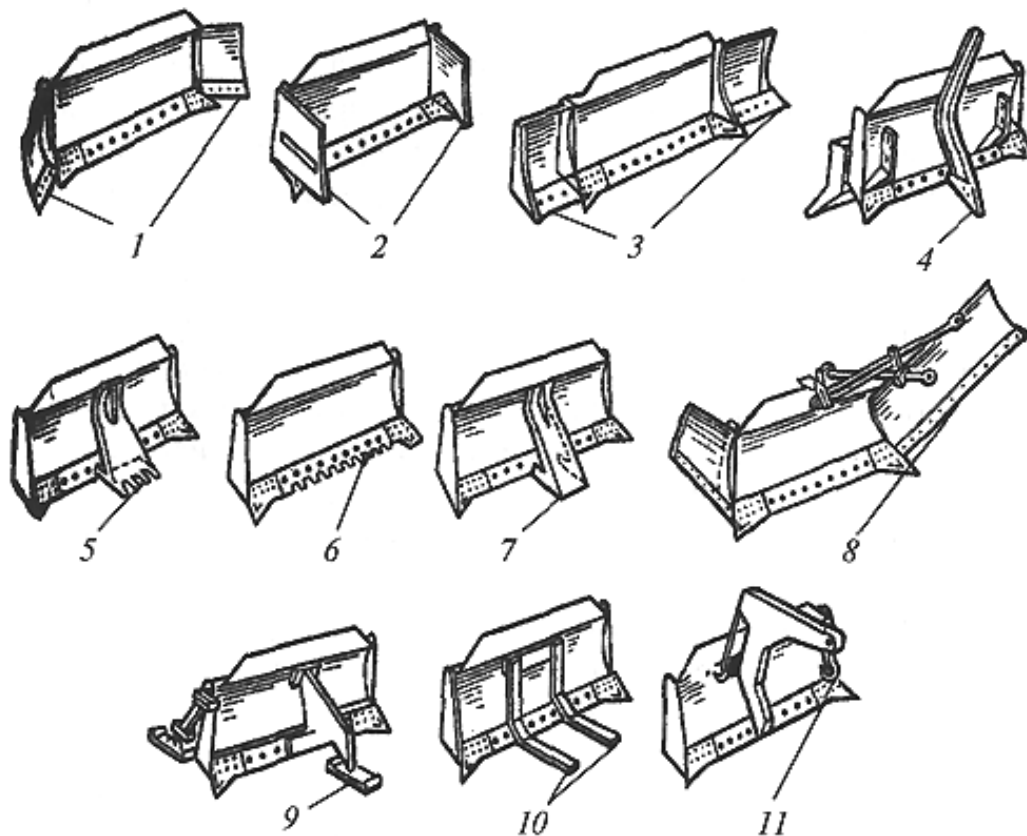


Рис. 3.43. Дополнительное оборудование бульдозеров: 1 – уширители; 2 – открылки; 3 – удлинители; 4 – рыхлительный зуб; 5 – кирковщик; 6 – гребенчатые ножи; 7 – канавная наставка; 8 – откосник; 9 – опорная лыжа; 10 – грузовые вилы; 11 – грузоподъемный крюк

Рабочим органом рыхлителя является зуб 1 (рис. 3.44, табл. 3.13) или несколько зубьев, установленных на стойках 2 в специальном башмаке 3, укрепленном на раме 4.

В зависимости от назначения, ширины и глубины рыхления, мощности и номинального тягового усилия тягача, а также физико-механических свойств породы выбирают число зубьев, их форму, параметры и расстояние между ними.

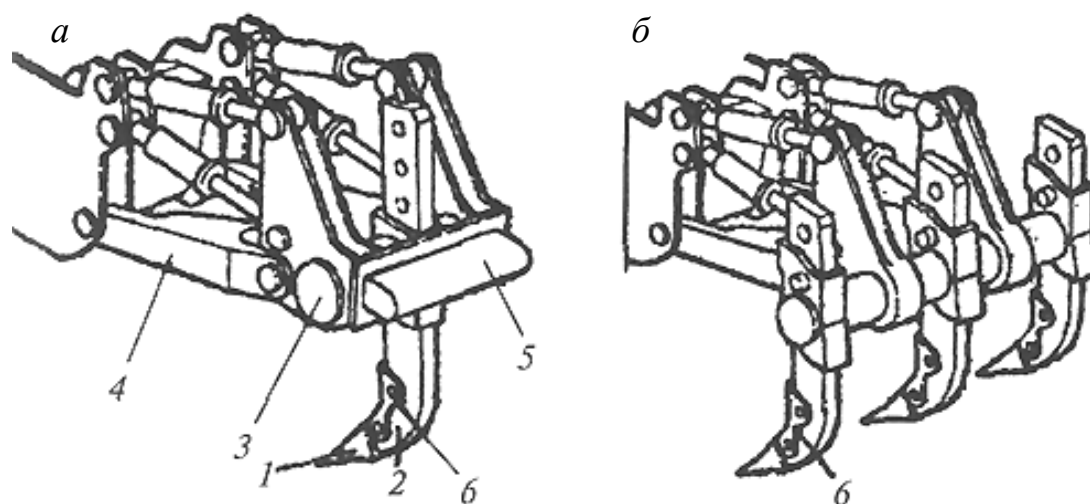


Рис. 3.44. Рамы крепления стоек зубьев рыхлителей: *а* – внутренняя; *б* – охватывающая

Таблица 3.13

Техническая характеристика рыхлителей

Показатели	ДП-26С	ДП-22С	ДП-10С	ДП-29АХЛ	ДП-9ВХЛ	ДП-35УХЛ
Трактор	Т-1301	Т-180	Т-330	Т-330	ДЭТ-250М	Т-50.01
Мощность, кВт	118	133	250	250	243	523
Тяговый класс, кН	100	150	250	250	150	750
Ширина зуба, мм	66	86	114	114	105	130
Глубина рыхления, мм	450	500	700	700	1200	1780
Масса рыхлителя, т	1,4	3,1	5,4	6,6	3,9	12,7

Конструкции рам для крепления стоек зубьев рыхлителей определяются конструкцией их подвесок. Применяются внутренние и охватывающие рамы. Первые имеют гнездо для установки только одной стойки 2 (рис. 3.44, *а*), а охватывающие – поперечные балки различной ширины (рис. 3.44, *б*), позволяющие изменять как число стоек (от одной до трех), так и шаг их установки. Рамы обоих типов снабжаются жесткими буферными устройствами 5 для восприятия дополнительных усилий от толкача и износостойкими накладками 6.



### Бульдозеры зарубежных фирм

В табл. 3.14 представлены технические характеристики гусеничных бульдозеров, а в табл. 3.15 – пневмоколесных бульдозеров зарубежных фирм [27].

Таблица 3.14

#### Техническая характеристика гусеничных бульдозеров фирмы «Caterpillar»

Показатели	D-8L	D9N	D10N	D11N
Мощность, кВт	265	299	415	609
Скорость движения, км/ч :	40	60	60	250
1 передача	3,9	3,9	4,0	3,9
2 передача	6,8	6,9	7,1	6,8
3 передача	11,9	12,1	12,5	11,6
Параметры отвала:				
тип	<i>SU</i>	<i>SU/U</i>	<i>U/S</i>	<i>SU/U</i>
длина, м	4,17	4,32	4,86	5,6
высота, м	1,77	1,81	2,05	2,31
емкость, м <sup>3</sup>	11,0	11,9	17,2	25,6
Параметры рыхлителя:				
усилие заглабления, кН	135	150	197	266
заглабление, м	1,16	1,23	1,37	1,16
Масса, т	47,9	53,9	74,4	120,6

*Примечание.* *S* – прямой отвал; *U* – универсальный отвал; *SU* – полууниверсальный отвал.

Таблица 3.15

#### Техническая характеристика колесных бульдозеров зарубежных фирм

Показатели	«Кларк»		«Вабко»		«Хьюг»	
	180	380	1-90	1-120	117	500
Мощность, кВт	125	349	129	318	235	410
Скорость движения, км/ч	38,0	44,9	37,8	41,4	24,1	24,1
Длина отвала, м	3,4	4,3	3,2	4,0	3,0	4,1
Габариты, м:						
длина	6,1	7,7	4,4	6,2	8,2	8,8
ширина	3,0	3,7	2,7	3,8	2,8	3,7
высота	2,9	3,9	3,0	3,5	3,7	4,1
Масса, т	18,1	44,2	43,6	31,8	15,9	65,8

Бульдозеры «Caterpillar» (<http://rossiya.cat.com>) выпускаются малой, средней и большой мощности.

При разработке бульдозеров «Caterpillar» малой мощности (менее 105 л. с.) особое внимание было уделено улучшению скоростных характеристик, транспортабельности, маневренности, универсальности и повышению точности профилирования грунта. Эти

гусеничные бульдозеры идеально подходят для строительства жилых домов. Они могут использоваться для таких работ, как очистка и профилирование участка, создание откосов по краям дорог, засыпка, окончательное профилирование под ландшафтный дизайн и строительство дорог.

Бульдозеры «Caterpillar» *средней мощности* (130–310 л. с.) обеспечивают исключительную мощность, маневренность и удобство управления, что в итоге гарантирует большую производительность при меньших удельных затратах (рис. 3.45).



Рис. 3.45. Бульдозер средней мощности

Бульдозеры «Caterpillar» *большой мощности* (свыше 310 л. с.) выделяются благодаря эксклюзивной конструкции с приподнятыми ведущими колесами (рис. 3.46).



Рис. 3.46. Бульдозер большой мощности

Приподнятое ведущее колесо увеличивает производительность, упрощает техническое обслуживание, сокращает время простоя за счет модульных компонентов и позволяет вынести бортовые редукторы и связанные с ними компоненты силового агрегата за пределы рабочей зоны, что приводит к увеличению срока службы силовой передачи.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

### **Раздел 1: Технологические схемы проведения разведочных выработок**

#### **1.1. Условия проведения выработок**

1. Что такое геологоразведочный процесс?
2. Что входит в понятие разведочная шахта?
3. Что относится к физическим свойствам пород?
4. Что относится к механическим свойствам пород?
5. Что понимается под понятием «грунт»?
6. Что относится к физическим свойствам грунтов?
7. Что относится к механическим свойствам грунтов?

#### **1.2. Технология проведения подземных горноразведочных выработок**

1. Назовите условия выбора типового сечения выработки.
2. Какие формы поперечных сечений имеют горизонтальные горноразведочные выработки?
3. Как определяется высота выработки трапециевидной формы?
4. Как определяется ширина выработки трапециевидной формы?
5. Как расшифровать обозначения Т-3,7 и ПС-8,8?
6. Какие факторы влияют на выбор диаметра деревянного верхняка?
7. Какие виды крепи применяются в выработке прямоугольно-сводчатой формы?
8. Как определяется высота выработки прямоугольно-сводчатой формы?
9. Приведите схему расположения оборудования при проведении поэтажных выработок и рассечек.
10. Назовите рекомендуемые конструкции прямых врубов.
11. Нарисуйте схему и поясните конструкцию прямого спирального ступенчатого вруба.
12. Нарисуйте схему и поясните конструкцию прямого дробящего вруба с компенсационной скважиной.
13. Классификация шпуров.
14. Нарисуйте схему расположения шпуров в штреке и порядок обустройства забоя.
15. Классификация деревянной крепи горизонтальных горноразведочных выработок.

16. Классификация металлической крепи горизонтальных горноразведочных выработок.

17. Классификация анкерной крепи горизонтальных горноразведочных выработок.

18. Нарисуйте схему оборудования при проходке восстающего с сооружением полков.

19. Состав оборудования проходческого комплекса КПВ.

### **1.3. Технология проведения открытых горноразведочных выработок**

1. Какую форму имеют стволы разведочных шахт?  
 2. Состав оборудования ствола прямоугольного сечения.  
 3. Назовите существующие схемы проходки вертикальных стволов разведочных шахт.

4. Состав оборудования ствола круглого сечения глубиной 130 м.

5. Типовые сечения разведочных шурфов.

6. Устройство шурфа прямоугольного сечения с венцовой крепью.

7. Устройство напорного грейфера.

8. Устройство установки ЭО-4321 для проходки шурфов.

9. Классификация венцовых крепей шурфов.

10. Классификация кольцевых крепей шурфов.

11. Как определяется глубина шпура при проходке шурфов?

12. Схемы расположения шпуров при проходке шурфов буровзрывным способом.

13. Устройство порталной рамы штольни.

14. Нарисуйте схему бурения шпуров в забое штольни.

15. Состав оборудования в забое штольни.

16. Схемы возведения временных предохранительных крепей при проходке штолен.

17. Для чего используются разведывательные канавы?

18. Как определяется глубина канавы?

19. Формы поперечного сечения разведывательных канав.

20. Назовите значения углов естественного откоса горных пород.

21. Виды крепей разведочных канав.

22. Что такое «разведочный копуш»?

23. Какие технологии используются при проходке разведочных траншей?

24. Какие факторы влияют на параметры траншеи?
25. Назовите варианты проведения траншей бульдозерами.
26. Нарисуйте схемы расположения взрывных скважин при проведении траншей.

## **Раздел 2: Горные машины для механизации проведения подземных разведочных выработок**

### **2.1. Типы и типоразмеры бурильных машин**

1. Классификация и назначение пневматических перфораторов.
2. Назначение, область применения и параметры переносных перфораторов.
3. Назначение, область применения и параметры колонковых перфораторов.
4. Назначение, область применения и параметры телескопных перфораторов.
5. Классификация бурильных машин типа УБШ.
6. Устройство перфоратора типа ПП.
7. Устройство перфоратора типа ПК.
8. Устройство перфоратора типа ПТ.
9. Состав вспомогательного оборудования для перфораторов.
10. Конструктивные особенности буровых штанг.
11. Классификация буровых коронок.
12. Устройство буровых коронок.
13. Какими твердосплавными материалами оснащают буровые коронки?
14. Физические свойства твердых сплавов.
15. Механические свойства твердых сплавов.
16. Компрессорные установки для перфораторов.
17. Классификация, назначение и область применения гидравлических перфораторов.
18. Устройство гидравлической буровой головки ГБГ6.
19. Устройство бурильной машины УБШ-302.
20. Устройство манипулятора типа УТС бурильной машины.
21. Для чего предназначены анкеры, приведите их классификацию?
22. Конструктивные особенности металлических анкеров.
23. Конструктивные особенности сталеполимерных анкеров.
24. Какие ампулы используются для крепления анкеров?

25. Чем отличаются анкерные крепи первого и второго уровней?
26. Что такое анкерная крепь глубокого заложения?
27. Назовите четыре направления создания анкероустановщиков.
28. Устройство установки анкерного крепления УАК1.
29. Назначение, область применения, конструктивные особенности анкероустановщиков типов MQT и MQTB.
30. Устройство анкероустановщика КГА-М.
31. Устройство бурильной установки типа БГА.
32. Устройство бурового станка типа БГА-2М.
33. Назначение, область применения буровых установок компании Atlas Copco Robbins.

## **2.2. Типы и типоразмеры проходческих комбайнов**

1. Назначение, область применения проходческих комбайнов для проведения подземных разведочных выработок.
2. Устройство проходческого комбайна КП-21.
3. Устройство исполнительного органа проходческого комбайна КП-21.
4. Устройство питателей проходческого комбайна КП-21.
5. Устройство ходовой части проходческого комбайна КП-21.
6. Устройство конвейера проходческого комбайна КП-21.
7. Устройство проходческого комбайна СМ-130К.
8. Устройство исполнительного органа проходческого комбайна СМ-130К.

## **Раздел 3: Горные машины для механизации проведения открытых разведочных выработок**

### **3.1. Типы буровых станков**

1. Устройство бурильной установки типа УБСР.
2. Классификация, назначение и область применения шурфобуров.
3. Устройство дискового шурфобура.
4. Устройство шнекового шурфобура.
5. Устройство ковшового шурфобура.
6. Устройство аккумулярующих шурфобуров.
7. Классификация, назначение и область применения стволовых буров.
8. Устройство стволового бура типа КАШБ.

9. Устройство стволового бура типа КАГБ.
10. Назначение, область применения стволовых буров компании Atlas Copco.

### **3.2. Типы и типоразмеры выемочно-погрузочных машин**

1. Назначение, область применения экскаваторов.
2. Устройство экскаватора Э-153А.
3. Устройство экскаватора Э-2515.
4. Устройство экскаватора Э-5015.
5. Устройство экскаватора ЭО-4121.

### **3.3. Типы и типоразмеры выемочно-транспортирующих машин**

1. Назначение, область применения бульдозеров.
2. Устройство бульдозера модели ДЗ-110А.
3. Устройство бульдозера ДЗ-34С.
4. Устройство бульдозера ДГТ-22С.
5. Устройство бульдозера Д-686.
6. Дополнительное оборудование бульдозеров.
7. Конструктивные особенности рам крепления рыхлителей.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная литература*

1. Сулакшин, С. С. Бурение геологоразведочных скважин : справ. пособие. – Москва : Недра, 1991. – 334 с.
2. Ребрик, Б. М. Бурение инженерно-геологических скважин : Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1990. – 336 с.
3. Проведение горизонтальных горноразведочных выработок скоростным методом : справ. пособие / В. Г. Лукьянов, Л. Г. Грабчак, В. Ф. Рогов [и др.]. – Москва : Недра, 1989. – 324 с.
4. Лукьянов, В. Г. Технология проведения горноразведочных выработок : учеб. для вузов / В. Г. Лукьянов, А. Д. Громов, Н. П. Пинчук ; Том. политехн. ун-т. – Томск : Изд-во ТГУ, 2004. – 468 с.
5. Грабчак, Л. Г. Горноразведочные работы / Л. Г. Грабчак, Ш. Б. Багдасаров, С. В. Илюхин [и др.] ; под ред. Л. Г. Грабчака : учеб. для вузов. – Москва : Высш. шк., 2003. – 661 с.
6. Шехурдин, В. К. Горное дело : учеб. для техникумов. – Москва : Недра, 1987. – 440 с.
7. Васильев, В. М. Перфораторы. Справочник. – Москва : Недра, 1989. – 216 с.
8. Горнопроходческие машины и комплексы : учеб. для вузов / Л. Г. Грабчак, В. И. Несмотряев, В. И. Шендеров, Б. Н. Кузовлев. – Москва : Недра, 1990. – 336 с.
9. Горные машины и оборудование подземных горных работ. Режущий инструмент горных машин : учеб. пособие / А. А. Хорешок, Л. Е. Маметьев, А. М. Цехин, А. Ю. Борисов ; КузГТУ. – Кемерово, 2012. – 288 с.  
(<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90684&type=utchposob:common>)
10. Иванов, К. И. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых / К. И. Иванов, В. А. Латышев, В. Д. Андреев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1987. – 272 с.
11. Медведев, И. Ф. Режимы бурения и выбор буровых машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1986. – 223 с.
12. Каталог горно-шахтного и строительного оборудования. – Atlas Sorco. – 106 с.
13. Анкерное крепление горных выработок за рубежом: анализ опыта создания, становления и современного состояния / П. В. Егоров, А. В. Ремезов, С. Е. Решетов [и др.] ; под ред. П. В. Егорова ;



АГН, Кемер. отд-ние. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2001. – 211 с.

14. Анкерное крепление на шахтах Кузбасса и дальнейшее его развитие [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Подзем. разработка месторождений полез. ископаемых», «Шахтн. и подзем. стр-во» и «Физ. процессы горн. пр-ва» направления подготовки дипломир. специалистов «Горн. дело» / под ред. А. В. Ремезова ; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2005. – 471 с.

(<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90256&type=utchposob:common>)

15. Сафохин, М. С. Горные машины и оборудование : учеб. для вузов / М. С. Сафохин, Б. А. Александров, В. И. Нестеров. – Москва : Недра, 1995. – 463 с.

16. Оборудование для проведения наклонных и горизонтальных выработок угольных шахт. Каталог-справочник / А. В. Дуб, В. А. Чернов ; под общ. ред. В. М. Щадова. – Москва : ЦП «Васиздаст», 2007. – 124 с.

17. Клорикьян, С. Х. Машины и оборудование для шахт и рудников: Справочник / С. Х. Клорикьян, В. В. Старичнев, М. А. Серебряный и др. – 7-е изд., репринтн., с матриц 5-го изд. (1994 г.). – Москва : Изд-во МГГУ, 2002. – 471 с.

18. Новиков, Г. П. Справочник по бурению скважин на уголь / Г. П. Новиков, О. К. Белкин, Л. К. Клюев [и др.]. – Москва : Недра, 1988. – 256 с.

19. Масленников, И. К. Инструмент для бурения скважин. Справочное пособие / И. К. Масленников, Г. И. Матвеев. – Москва : Недра, 1981. – 335 с.

20. Сафохин, М. С. Машинист буровой установки на карьерах / М. С. Сафохин, Б. А. Катанов. – Москва : Недра, 1992. – 312 с.

21. Бурение разведочных скважин / под общ. ред. Н. В. Соловьева. – Москва : Высш. шк., 2007. – 904 с.

22. Черемисина, Л. П. Разведочное бурение. – Владивосток : Дальневост. гос. техн. ун-т, 1999. – 105 с.

23. Буровой инструмент для геологоразведочных скважин: Справочник / Н. И. Корнилов, Н. Н. Бухарев, А. Т. Киселев [и др.]. – Москва : Недра, 1990. – 395 с.

24. Подэрни, Р. Ю. Механическое оборудование карьеров [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Горные машины и оборудование» направления

подготовки дипломированных специалистов «Технолог. Машины и оборудование». – Москва : МГГУ, 2007. – 680 с.

(<http://www.biblioclub.ru/book/99349>)

25. Экскаваторы на карьерах. Конструкция, эксплуатация, расчет [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. С. Квагинидзе, Ю. А. Антонов, В. Б. Корецкий, Н. Н. Чунейкин. – Москва : Изд-во «Горная книга», 2011. – 409 с.

(<http://www.biblioclub.ru/book/69842>)

26. Эксплуатация карьерного оборудования / В. С. Квагинидзе, В. Ф. Петров, В. Б. Корецкий. – Москва : Изд-во «Горная книга», 2007. – 587 с.

27. Бульдозеры на карьерах. Конструкции, эксплуатация, расчет : учеб. пособие / В. С. Квагинидзе, Г. И. Козовой, Ф. А. Чакветадзе, Ю. А. Антонов, В. Б. Корецкий. – Москва : Изд-во «Горная книга», 2011. – 396 с.

### ***Дополнительная литература***

28. Каталог продукции – ВБМ-групп, ОАО «Уралбурмаш», 2008. – 41 с.

29. Каталог «Твердосплавные изделия для бурового инструмента». – Кировоградский завод твердых сплавов. – 56 с.

30. Городниченко, В. И. Основы горного дела [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. И. Городниченко, А. П. Дмитриев. – Москва : Изд-во «Горная книга», 2008. – 464 с.

(<http://www.biblioclub.ru/book/79059>)

### ***Периодические издания***

1. Горные машины и электрооборудование

<http://www.novtex.ru/gormash>

2. Вестник КузГТУ <http://vestnik.kuzstu.ru/>

3. Уголь <http://www.ugoinfo.ru/>

4. Горная промышленность <http://www.mining-media.ru/>

5. Глюкауф <http://www.gluckauf.ru/>

6. Горный информационно-аналитический бюллетень

<http://www.giab-online.ru/>

7. Разведка и охрана недр <http://rion-journal.com>

8. Геология и разведка <http://www.msgpa.ru/science/zhurnal>

## ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

### *Твердые сплавы, режущие инструменты, приспособления*

1. ОАО «Кировоградский завод твердых сплавов»  
<http://www.kzts.ru>
2. ОАО «ТВЕРДОСПЛАВ» <http://tverdospлав.ru>
3. ООО «Горный инструмент» <http://www.grins.ru>
4. ЗАО «БЕЛТЕХНОЛОГИЯ и М»  
<http://www.beltechnologia.com/product/cutters>  
[http://www.beltechnologia.com/cutters/cutters\\_gor.htm](http://www.beltechnologia.com/cutters/cutters_gor.htm)  
<http://www.beltechnologia.com/product/rezec.php>
5. «Kennametal» <http://www.kennametal.com>
6. «ВЕТЕК GmbH & Co.KG» <http://www.betek.de>
7. ООО «Компания РИТС» <http://www.ritscorp.ru>
8. ЗАО «НПП имени М. И. Платова»  
<http://www.zaoplatov.ru/equipment/miner?n=127>
9. НТС «Украина» <http://www.nts-service.com.ua>
10. ООО «Техпоставка» <http://www.tehpostavka.com>
11. «THIELE GmbH & Co.» <http://www.thiele.de>
12. ООО НПП «Сибирские горнопромышленники»  
[http://sibgp.ucoz.ru/index/rezcy\\_dlja\\_shakhtnykh\\_kombajnov/0-5](http://sibgp.ucoz.ru/index/rezcy_dlja_shakhtnykh_kombajnov/0-5)  
[http://sibgp.ucoz.ru/index/universalnyj\\_rezec/0-7](http://sibgp.ucoz.ru/index/universalnyj_rezec/0-7)

### *Буровая техника*

13. ОАО «ВБМ-групп» <http://vbm.ru>
14. ОАО «Уралбурмаш» <http://ubm.ru>
15. ЗАО «УГМК-РУДГОРМАШ»  
<http://www.rudgormash.ru>
16. ОАО «Брянковский завод бурового оборудования»  
<http://www.bzbo.ua>
17. ОАО «Алтайгеомаш» <http://ageomash.ru>
18. ООО ТД «Алтайгеобурмаш» <http://altaygeoburmash.ru>
19. «Сибгеотехника» <http://sibgeotehnika.ru>
20. ООО «Сибгеотехкомплект» <http://www.bmto.ru>
21. ООО «ПетроБурСервис»  
<http://www.petroburservis.ru/article68.php>
22. ООО «Партия 76» <http://www.partiya76.ru>
23. ЗАО «Гормаш» <http://www.belgormash.ru>
24. ООО «Завод буровых технологий» <http://www.zavodbt.ru>

25. ЗАО «Александровский завод бурового оборудования»  
<http://www.azbo.ru>
26. ООО «РосПромБур» <http://rosprombur.ru>
27. ЗАО «Геомаш-Центр» <http://www.geomash.ru>
28. ООО«ОптРегионСнаб»  
<http://www.metallsbyt.ru/production/doloto.php>
29. «Буровой портал» <http://drillings.ru>
30. ООО «Буртехснаб» <http://bts-ekb.ru>
31. «UNITOOLS» <http://unitools.ru>
32. «Atlas Copco» <http://www.atlascopco.ru>
33. «BakerHughes» <http://www.bakerhughes.com>
34. «Schlumberger»  
[http://www.slb.com/services/smith\\_bits\\_smith\\_services.aspx](http://www.slb.com/services/smith_bits_smith_services.aspx)
35. «National Oilwell Varco»  
[http://www.nov.com/Drilling/Drill\\_Bits.aspx](http://www.nov.com/Drilling/Drill_Bits.aspx)
36. «TORQUATO DRILLING ACCESSORIES»  
<http://www.dthhammers.net/torquato>
37. «Sandvik» <http://www.miningandconstruction.sandvik.com>
38. «Bucyrus International, Inc.» <http://www.bucyrus.com>
39. Угольный портал <http://coal.dp.ua>
40. Горная техника: номенклатурный справочник  
<http://www.gortehno.ru>
41. Горная энциклопедия <http://www.mining-enc.ru>

### *Экскаваторы*

42. «Машиностроительная компания «КРАНЭКС»  
<http://www.kraneks.ru>
43. ОАО «ВЭКС» <http://www.veks.ru>
44. ЗАО «Тверской экскаватор» <http://www.tvexc.ru>
45. ОАО «Тверьтехоснастка» <http://www.tvto.ru/catalog>
46. ОАО «Научно-производственная корпорация  
«Уралвагонзавод» <http://www.uvz.ru>
47. ОАО «Мотовилихинские заводы» <http://mz.perm.ru/>
48. ЗАТ «АТЕК» <http://www.atek.ua>
49. СП «Святовит» <http://svyatovit.com>
50. Машиностроительная корпорация «УРАЛМАШ»  
<http://www.uralmash.ru>
51. ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П. Г. Коробкова»  
<http://iz-kartex.com>

52. «Joy Global Surface Mining» Экскаваторы P&H  
<http://www.phmining.com/en/PHMining/Mining-Equipment/Electric-Shovels.htm>
53. Экскаватор P&H 2800XPB на Бачатском разрезе  
[http://maxi-ekavator.ru/news/inf\\_news/~id=694](http://maxi-ekavator.ru/news/inf_news/~id=694)
54. Экскаватор P&H 4100XPB в работе  
[http://www.stroyteh.ru/publication/Kanatnyi\\_ekskavator\\_PH\\_4100\\_XPB\\_Video](http://www.stroyteh.ru/publication/Kanatnyi_ekskavator_PH_4100_XPB_Video)
55. Caterpillar <http://rossiya.cat.com/>
56. Ковши для экскаваторов  
<http://gidromolot.tradicia-k.ru/categories/index.php?id=467>
57. «Terex» <http://www.terex.com>
58. «МАКСИ Экскаватор РУ»  
<http://maxi-ekavator.ru/excapedia>
59. «Mining Solutions»: Atlas Copco, Komatsu  
<http://www.mining-solutions.ru>
60. Экскаваторы в России <http://ekavator.ru>

***Горные комбайны, комплексы, конвейеры***

61. ОАО «Кузнецкий машиностроительный завод»  
<http://kuzmash.com>  
<http://www.nvkz.kuzbass.net/M-Plant>
62. ОАО «Копейский машиностроительный завод»  
<http://www.kopemash.ru>
63. ООО «Гидромаш» <http://www.gidromash.ru>
64. ОАО «Объединенные машиностроительные технологии»  
<http://www.omt-gum.ru>
65. ООО «Юргинский машиностроительный завод»  
<http://www.yumz.ru>
66. ООО «Торговый дом «Юрмаш» <http://www.td-yurmash.ru>
67. Компания «Интергормаш» <http://igm.com.ua>
68. ЗАО «МАШПРОМ» <http://www.gidroprivod.com>
69. ГП «Донгипроуглемаш» <http://www.dgum.com.ua>
70. ПАО «Новокраматорский машиностроительный завод»  
<http://www.nkmz.com>
71. ОАО «Ясиноватский машиностроительный завод»  
<http://www.jscymz.com>
72. «Corum Group» <http://www.corum.com>

73. ЗАО «НПП «СПЕЦУГЛЕМАШ» ОАО «ГМЗ «УНИВЕРСАЛЬ»  
<http://www.specuniv.com>
74. ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» <http://www.sipr.by>
75. ООО «Западно-Донбасский научно-производственный центр «Геомеханика» <http://www.geomehanika.com.ua>
76. «OSTROJ a.s.» <http://www.ostroj.cz>
77. ООО «Белгидравлика» <http://belgidravlika.ru>
78. ОАО «Агрегатный завод» <http://www.agregat-pro.ru>
79. «ZMJ» <http://zmj.com>
80. «DOSCO OVERSEAS ENGINEERING»  
<http://www.dosco.co.uk>
81. «EICKHOFF CORPORATION»  
<http://www.eickhoffcorp.com>  
<http://www.eickhoff-bochum.de>
82. «Joy Global Underground Mining» <http://www.Joy.com>
83. «Joy Global Inc.» <http://www.immchina.com>
84. «T Machinery a.s.» <http://www.tmachinery.cz/ru>
85. «Krummenauer», «Anlagenbau»  
<http://www.krummenauer.de>
86. «Grupa FAMUR» <http://www.famur.com.pl>
87. «BME Nováky» <http://www.bme.sk>
88. «GLINIK»  
[http://www.zmg.glinik.pl/374,roof\\_support\\_for\\_caving.htm](http://www.zmg.glinik.pl/374,roof_support_for_caving.htm)
89. «KOPEX GROUP»  
<http://www.kopex.com.pl/idm,925,ochistnyye-kombayny.html>
90. «Caterpillar»  
<https://mining.cat.com/products/underground-mining/longwall>
91. «ALPINE» <http://alpinecutter.com/en/>
92. «Remag Zaklady Naprawcze» <http://www.remag.com.pl>
93. «SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION»  
<http://www.sandvik.com>  
<http://www.miningandconstruction.sandvik.com>
94. ОАО «Александровский машиностроительный завод»  
<http://www.amz.perm.ru>
95. ОАО «Артемовский машиностроительный завод Венкон»  
<http://www.uralstars.com/EX/venkon/product.htm>
96. ЗАО «Завод Мельмаш» <http://melmash45.ru>

97. РР «Halbach & Braun» <http://www.halbach-braun.de>
98. ПАО «Свет шахтера» <http://www.shaht.kharkov.ua>
99. ПАО «ДонЭрм» <http://donerm.com.ua>
100. ОАО «ЛМЗ Универсал» <http://www.lmzuniversal.com>
101. ЗАО «Вистек-Кузбасс» <http://www.vistek-kuzbass.ru>
102. ООО «Корпорация «РудЭнергоМаш»  
<http://rudenergomash.com>
103. «Herrenknecht AG» <http://www.herrenknecht.com>
104. «Caterpillar Tunneling» <http://tbm.cat.com>
105. ЗАО «Тетро Экс» <http://tetro.spb.ru>
106. «Shanghai Chuangli Group Co.,Ltd.»  
<http://www.shclkj.com>
107. «Tiandi Science & Technology Co Ltd»  
<http://www.tdtec.com>
108. «УгольМашГрупп» <http://www.ugolmash.ru>
109. ООО «Трейдинг ГорТех»  
[http://tetro.spb.ru/\\_projects/02\\_example\\_mountains/examples.html](http://tetro.spb.ru/_projects/02_example_mountains/examples.html)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
<b>1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК.....</b>	<b>4</b>
1.1. Условия проведения выработок.....	4
1.2. Технология проведения подземных горноразведочных выработок.....	9
1.2.1. Типовые сечения горизонтальных выработок .....	9
1.2.2. Технологическая схема проведения подэтажных выработок.....	18
1.2.3. Буровзрывной способ проведения горноразведочных выработок.....	19
1.2.4. Крепь горизонтальных горноразведочных выработок...	23
1.2.5. Технология проходки восстающих.....	30
1.3. Технология проведения открытых горноразведочных выработок.....	34
1.3.1. Типовые сечения стволов разведочных шахт.....	34
1.3.2. Технологические схемы проходки геологоразведочных стволов.....	36
1.3.3. Типовые сечения разведочных шурфов.....	41
1.3.4. Схемы проведения разведочных штолен.....	52
1.3.5. Схемы проведения разведочных канав.....	57
1.3.6. Схемы проведения разведочных траншей.....	61
<b>2. ГОРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК.....</b>	<b>63</b>
2.1. Типы и типоразмеры бурильных машин.....	63
2.1.1. Классификация и назначение пневматических перфораторов.....	64
2.1.2. Классификация и назначение бурильных машин типа УБШ.....	68
2.1.3. Устройство пневматических перфораторов.....	69
2.1.4. Вспомогательное и комплектующее оборудование.....	75
2.1.5. Материалы для твердосплавного инструмента.....	83
2.1.6. Компрессорные установки.....	87
2.1.7. Классификация и назначение гидравлических перфораторов.....	88
2.1.8. Конструкция гидравлических перфораторных головок..	92



2.1.9. Конструкция бурильных машин типа УБШ.....	93
2.1.10. Станки и установки Atlas Copco Craelius AB для подземного бурения.....	96
2.1.11. Бурильные машины для возведения анкерной крепи...	98
2.1.12. Бурильные установки для проведения восстающих выработок в мягких породах.....	119
2.1.13. Бурильные установки для проведения восстающих выработок в крепких породах.....	121
2.2. Типы и типоразмеры проходческих комбайнов.....	121
2.2.1. Назначение и область применения комбайна КП21.....	123
2.2.2. Общее устройство комбайна КП21.....	125
2.2.3. Общее устройство проходческого комбайна СМ-130К..	132
3. ГОРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ОТКРЫТЫХ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК.....	138
3.1. Типы буровых станков.....	138
3.1.1. Устройство шурфобуров.....	139
3.1.2. Устройство стволовых буров.....	142
3.1.3. Стволовые буры для крепких пород.....	144
3.2. Типы и типоразмеры выемочно-погрузочных машин.....	145
3.3. Типы и типоразмеры выемочно-транспортирующих машин	178
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	194
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	199
ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ.....	202

Хорешок Алексей Алексеевич  
Цехин Александр Михайлович  
Борисов Андрей Юрьевич

**ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ПРОВЕДЕНИЕ  
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Редактор Савина З. М.

Компьютерная графика Цехина А. М., Борисова А. Ю.

Подписано в печать 27.05.2014. Формат 60×84/16

Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman»

Уч.-изд. л. 13,00. Тираж 500 экз. Заказ

КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28

Полиграфический цех КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а