

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

Кафедра горных машин и комплексов

## **ПЕРФОРАТОРЫ**

Методические указания к практическим работам  
по дисциплине «**Горные машины, комплексы и оборудование**»  
для обучающихся технических специальностей и направлений

Составители Л. Е. Маметьев  
А. А. Хорешок  
А. М. Цехин  
А. Ю. Борисов

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 24 от 26.04.2021  
Рекомендованы к изданию  
учебно-методической комиссией  
специальности 21.05.04  
Протокол № 3 от 27.04.2021  
Электронная версия  
находится в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2021

## ВВЕДЕНИЕ

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

В качестве привода перфораторов применяют двигатели возвратно-поступательного действия, 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 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 (УБШ) и ударно-вращательного (БУ) бурения.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель выполнения работы – приобретение студентами знаний при изучении устройства и принципа действия, направлений проектирования и конструирования отдельных узлов и механиз-

мов современных перфораторов, предназначенных для проведения подземных горных выработок в крепких породах.

## **1. Классификация и назначение 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 ударно-вращательные.

*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 ударно-вращательным 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.

Перфораторы классифицируют по роду потребляемой энергии на *пневматические* и *гидравлические*.

*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* (см. рис. 1.1).

### **1.1. 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. 1.1.

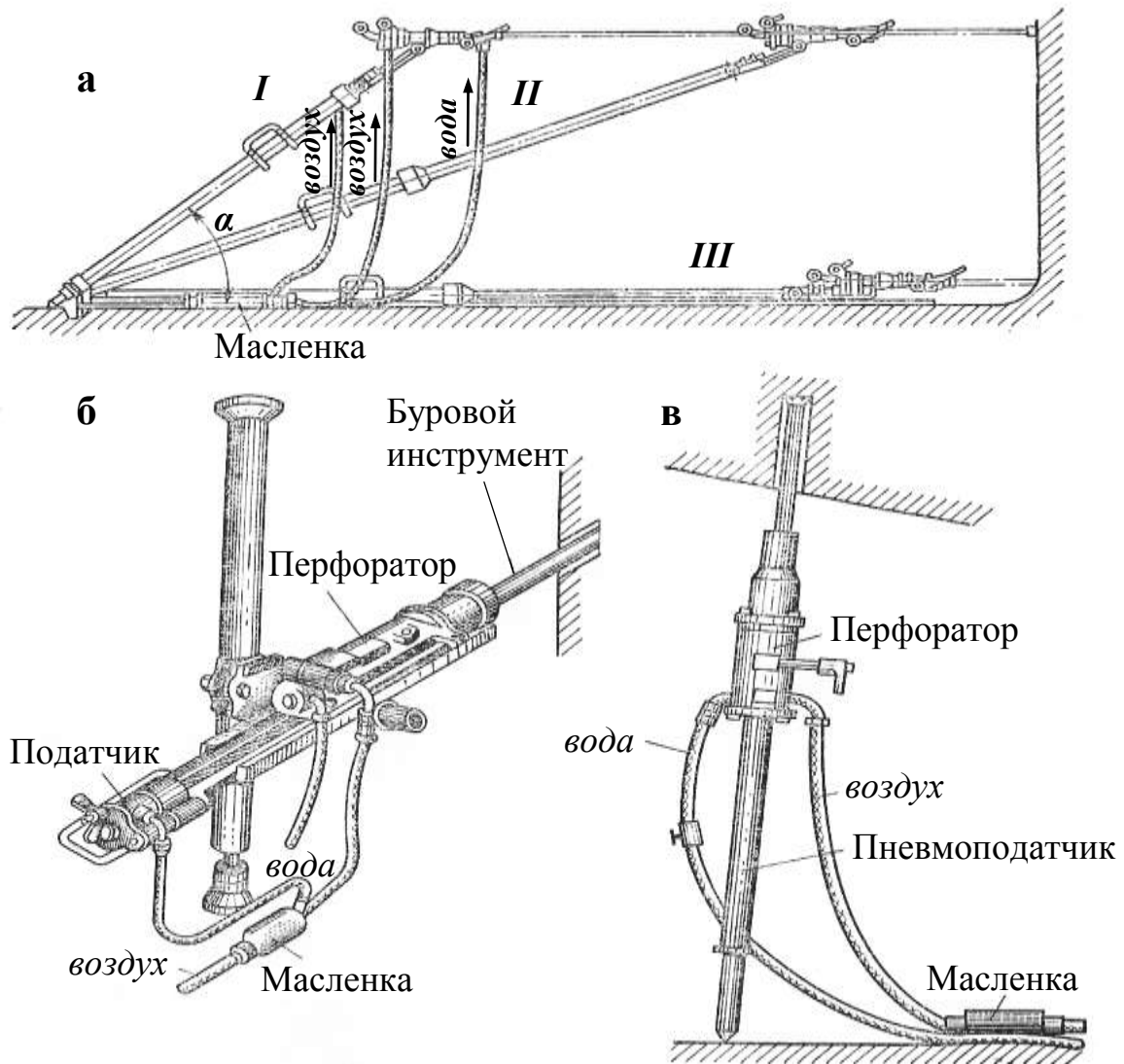


Рис. 1.1. Типы пневматических перфораторов и способы установки их в забое: а – переносные ПП; б – колонковые ПК; в – телескопные ПТ

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, подвергнувшегося первой модернизации; Б – боковая промывка; С – усиленная продувка; П – пылеотсос; СВП – пылеподавление горячим воздухом.

Таблица 1.1

## 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

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 *центральной пылеотсосом*. Для этой цели используют пылесборники ВНИИ 64РД. Для вечномерзлых россыпей

используют перфоратор ПП63СВП, при работе которого шпурь очищается горячим воздухом. Для нагрева воздуха, используемого для продувки на перфораторе, имеется специальная *приставка*.

### 1.2. Колонковые перфораторы

Колонковые перфораторы (ПК) ГОСТ Р 52443-2005 устанавливаются на распорных колонках или манипуляторах горных машин. 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. 1.2.

Таблица 1.2

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, $c^{-1}$	41,7	33,4	30	30
Крутящий момент, Нм	157	246	343	343
Расход воздуха, $m^3/мин$	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

### 1.3. 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. 1.3. 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 1.3

## Техническая характеристика телескопных перфораторов

Параметры	Перфоратор	
	ПТ-38	ПТ-48
Масса, кг	38	48
Энергия удара, Дж	44	78,5
Частота ударов, с <sup>-1</sup>	38,4	38,4
Крутящий момент, Нм	20	30
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /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. 1.1.

## 2. Устройство пневматических перфораторов

### 2.1. 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.

Устройство и принцип работы переносного перфоратора рассматриваются на примере перфоратора ПП63В (рис. 2.1).

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 внут-

ренные 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.

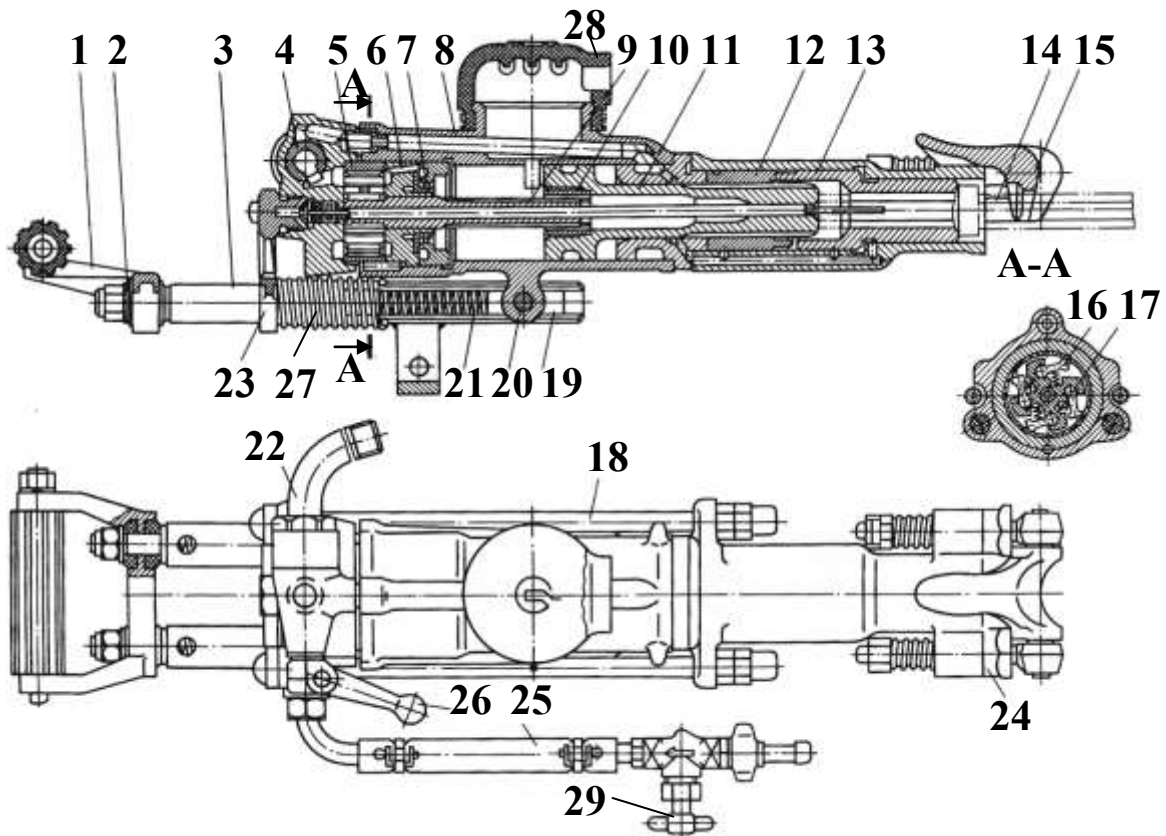


Рис. 2.1. Переносной перфоратор ПП63В

При рабочем ходе (рис. 2.1, 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 перфора-



торов 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.

## **2.2. 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 и БУ

Устройство колонкового перфоратора рассматривается на примере перфоратора ПК60 (рис. 2.2).

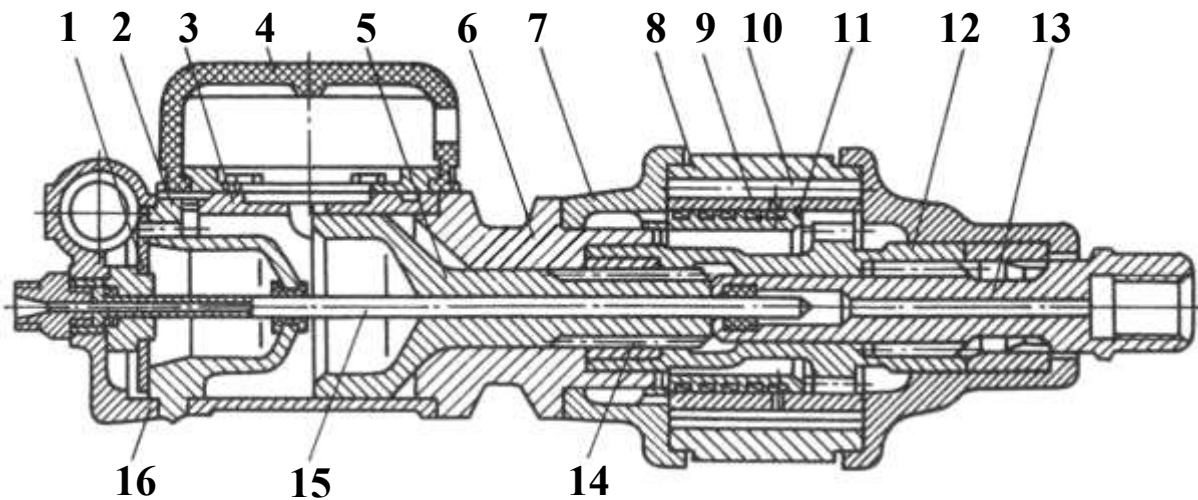


Рис. 2.2. Колонковый перфоратор ПК60

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. Ро-

тор 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.

### **2.3. 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 телескопные перфораторы отечественного производства не имеют буродержателя.

*Телескопный перфоратор* ПТ48А (рис. 2.3) состоит из станка 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 кулаков сочленена с поворотной буксой 27, снабженной шестигранным гнездом для хвостовика буровой штанги. 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 выдвижения 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.

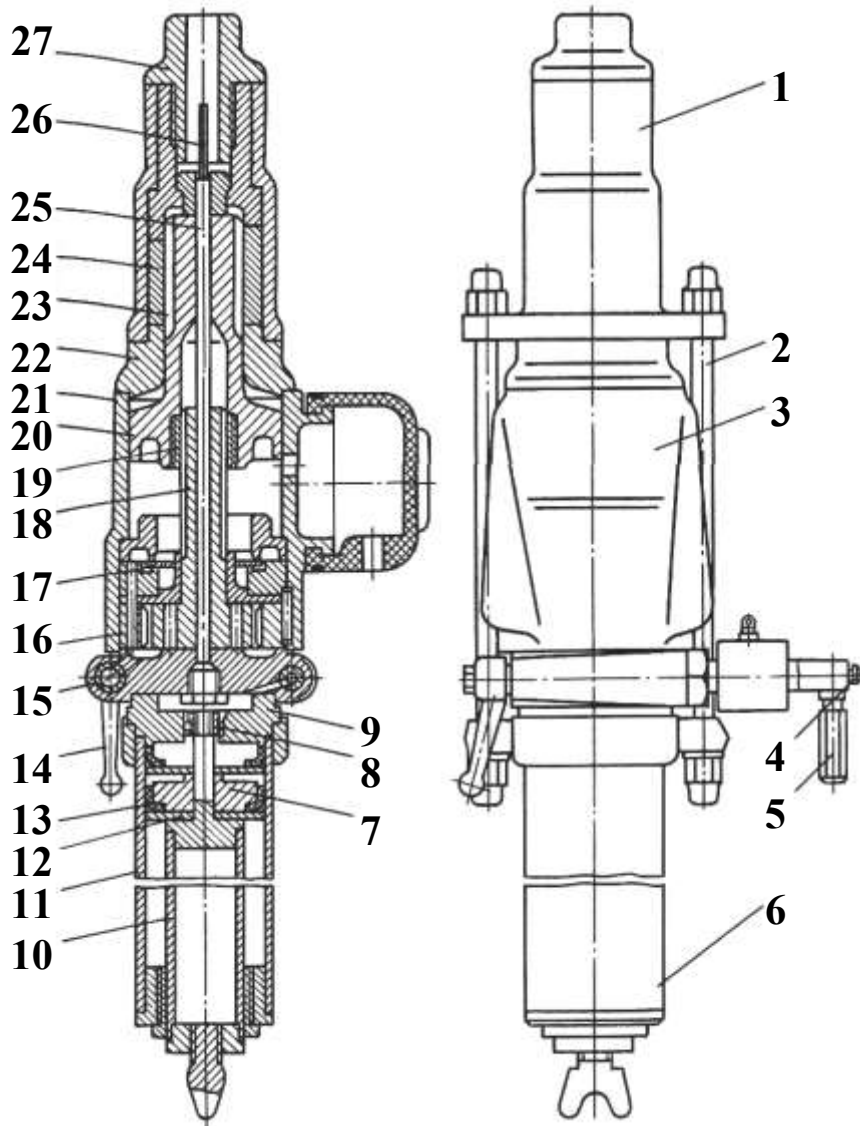


Рис. 2.3. Телескопный перфоратор ПТ-48А

### 3. 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, воздухопроводная сеть.

#### 3.1. Автомасленки

Автоматические масленки подразделяются на магистральные и подвесные. *Магистральные автомасленки* встраиваются в воздухоподводящий рукав на расстоянии 3–4 м от перфоратора.

Рукав, идущий от автомасленки к перфоратору, должен быть маслостойким. *Подвесные автомасленки* монтируются непосредственно на воздухоподводящем патрубке перфоратора. Номенклатура и технические характеристики автомасленок приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Параметр	Автомасленка			
	подвесная			магистральная
	МА18	ФАМ1	ФАМ2	МА8
Масса, кг	1,6	1,6	2,0	5,0
Вместимость, л	0,28	0,25	0,4	0,7
Расход масла, л/ч	0,12	0,14	0,14	0,12
Номинальное давление, МПа	0,5	0,5	0,5	0,5

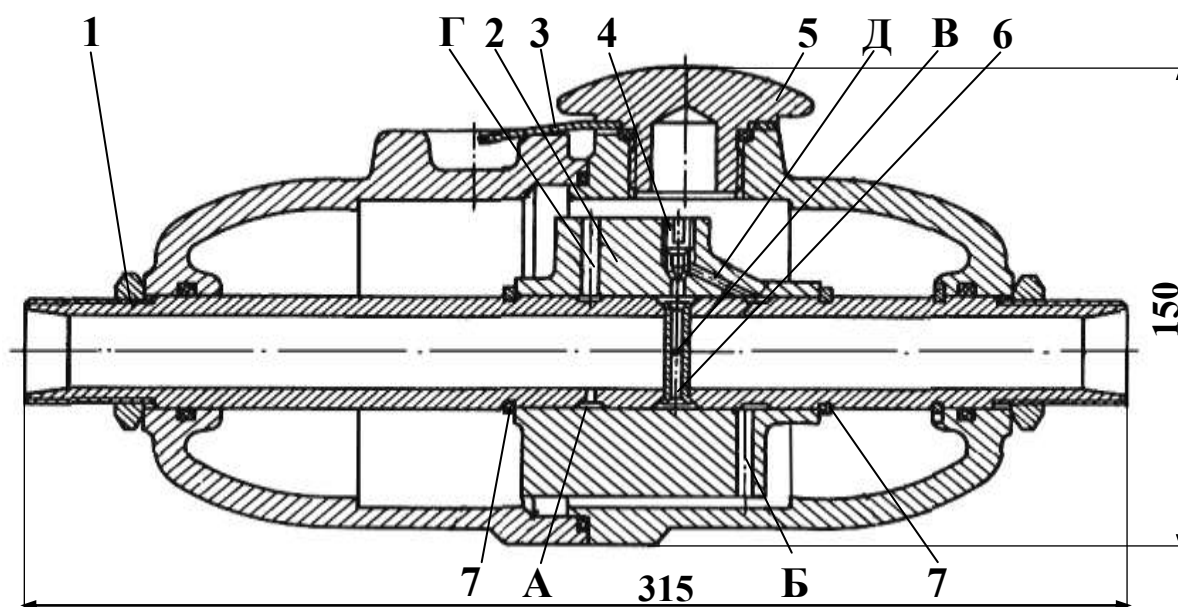


Рис. 3.1. Магистральная автомасленка МА8

Масленка МА8 (см. рис. 3.1) относится к типу магистральных и подключается в сеть воздухопровода на расстоянии 3–4 м от перфоратора.

На центральной трубке 1 расположен эксцентрик 2, в котором смонтирована регулировочная игла 4 для настройки требуемого расхода масла. Поперечная трубка (распылитель) 6 имеет радиальное отверстие В, расположенное перпендикулярно к по-

току сжатого воздуха. Сжатый воздух через радиальный канал *A*, канавку на трубе и канал *Г* в эксцентрике поступает в масляную камеру и создает давление на масло. При движении сжатого воздуха по центральной трубке в зоне распылителя 6 происходит понижение давления, за счет чего масло из масляной камеры по каналу *Д* поступает в поток сжатого воздуха и в распыленном состоянии – в перфоратор. Масло поступает по каналу *Б*, канавке на центральной трубке, наклонному каналу *Д*, кольцевому зазору между иглой 4 и отверстием, кольцевой канавке на центральной трубе и дальше – через отверстие *В* распылителя – в поток сжатого воздуха. Регулирование расхода масла осуществляется через отверстие корпуса, закрываемого пробкой 5. Отвинчивая или закручивая иглу 4, изменяем величину дозирующего зазора и, следовательно, количество масла, поступающего в поток сжатого воздуха. Благодаря асимметрии конструкции и подвижной посадке на центральной трубе эксцентрик 2 занимает требуемое положение (регулятором вверх) при любом положении автомасленки на почве выработки. Его положение относительно центральной трубы в осевом направлении фиксируется стопорными кольцами 7. Направление движения потока сжатого воздуха для работы масленки не играет роли. Каждая автомасленка комплектуется отверткой 3 для настройки регулировочной иглы 4 на требуемый расход масла.

Ряд зарубежных фирм выпускают магистральные автомасленки с автоматическим отключением сжатого воздуха при полном опорожнении масляной камеры.

### **3.2. 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. 3.2) могут быть со стальной закаленной головкой и головкой, армированной твердым сплавом. Наибольшее распространение получили *составные буровые штанги* (табл. 3.3) 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 3.2

## 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 3.3

## 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 поверх-



ность 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.

### **3.3. 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>3</sub>45.

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 закаливают.

### **3.4. Хвостовики**

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

ства хвостовиков 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. 3.2.

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.

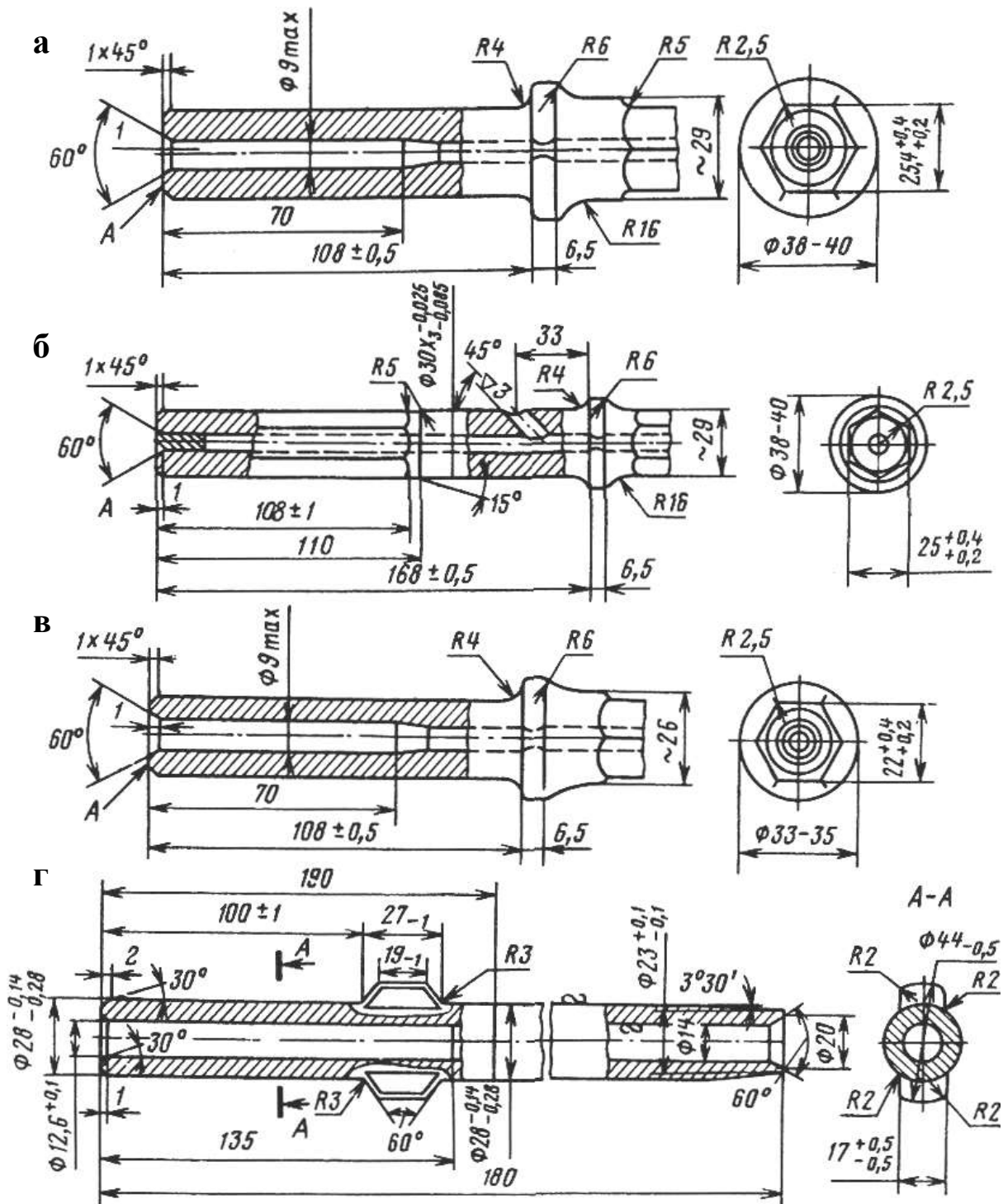


Рис. 3.2. Хвостовики буровых штанг перфораторов: а – ПП54В1, ПП63В, ПП63С; б – ПП54ВВ1, ПП63ВВ; в – ПП36В; г – ПП63П

### 3.5. 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 *резбовым 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.

*Трапециевидальная 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 забюю.

### 3.6. Буровые коронки

В горнодобывающих отраслях промышленности применяют главным образом составные буровые штанги со съёмными 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. 3.4 и на рис. 3.3.

Коронка перфоратора (рис. 3.3, 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 высоких 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 3.4

Типы и область применения коронок

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

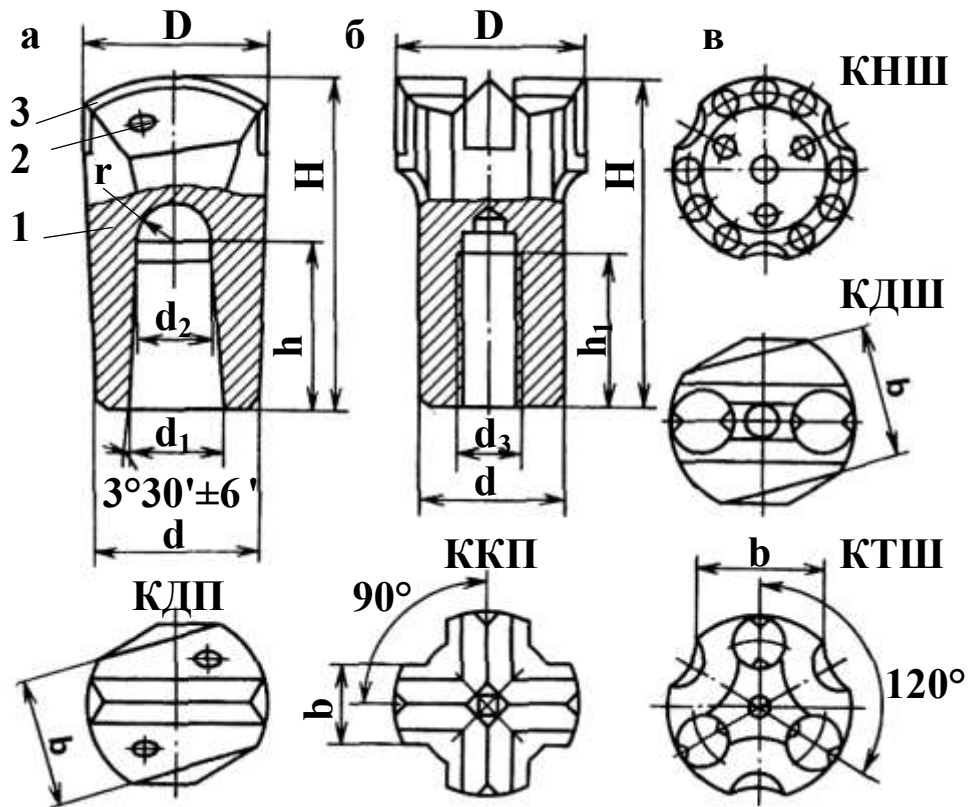


Рис. 3.3. Буровые коронки: а – с конусным отверстием; б – с резьбовым отверстием; в – вид с торца типов КПД; ККП; КНШ; КДШ; КТШ (размеры, мм:  $D$  – диаметр головки,  $d$  – диаметр корпуса,  $d_3$  – диаметр резьбы,  $H$  – высота коронки,  $h_1$  – длина резьбы,  $b$  – толщина лезвия)

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 X-образную, которая лучше обеспечивает круглое сечение скважины.

Пример условного обозначения коронки типа КТШ размера  $D = 52$  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 ко-

ронок 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 доломчатых. 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.

### **3.7. Рукава для воздуха и воды**

Рукава для сжатого воздуха и воды изготавливают по ГОСТ 18698–79. Рукава резиновые напорные с текстильным каркасом ГОСТ 10362–76 «Рукава резиновые напорные с нитяным усилением «неармированные».

Для переносных пневматических перфораторов номинальный размер внутреннего диаметра рукава для воздуха составляет 25 мм, а для воды – 12,5 мм. Длина рукава, который непосредственно подсоединяют к перфоратору, не должна превышать 25 м. Предельно допустимой длиной рукава считают такую, при которой перепад давления на входе в перфоратор в процессе его работы будет составлять не более 0,05 МПа.

### **3.8. Компрессорные установки**

Для питания сжатым воздухом пневматических перфораторов преимущественно используют передвижные поршневые и стационарные компрессоры.

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.

### **3.9. Воздухопроводная сеть**

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.



#### 4. Система пылеподавления

Для борьбы с запыленностью все перфораторы имеют устройства пылеподавления. В зависимости от условий бурения используют различные системы очистки шпура с одновременным пылеподавлением: промывка, осевая или боковая, пылеотсос, аэрозоли.

Наибольшее распространение получила осевая промывка. Там, где подача воды невозможна или нецелесообразна по техническим или технологическим причинам, допустимо сухое бурение с применением эффективных средств отсасывания и улавливания буровой пыли.

Работа перфоратора с пылеотсосом происходит следующим образом (рис. 4.1). Буровая мелочь через канал буровой штанги 1 и осевую трубку перфоратора 2 поступает в резиноканевый пылеотводящий рукав 3 и транспортируется в пылеуловитель 4. Отсос пыли осуществляется за счет вакуума во всей коммуникации, создаваемого эжектором 5 пылеулавливающей установки УПВНИИ-1. В работе задействованы пневмоподдержка 6, рукав для воздуха 7 и автомасленка 8.

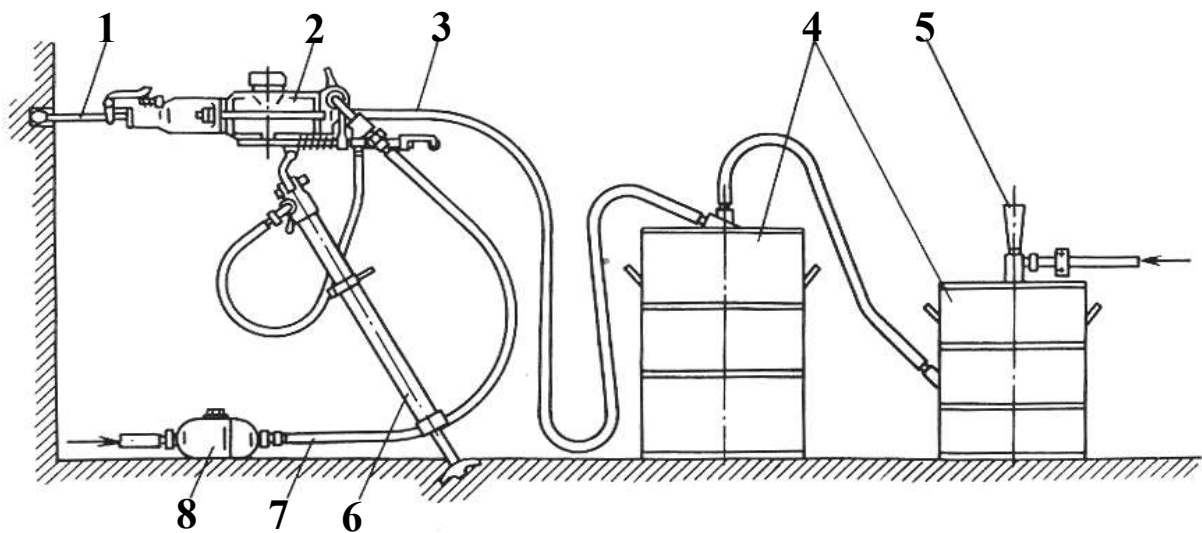


Рис. 4.1. Перфоратор ПТ63 с пылеуловителем УПВНИИ-1

Модификации перфораторов в зависимости от способа пылеподавления выпускаются небольшими партиями и по принципу действия не имеют существенных отличий. Например, *перфورا-*

*торы с пылеотсосом* отличаются только большими проходными сечениями пылеотсасывающего канала, примененного вместо водяной трубки, а перфораторы *с боковой промывкой* не имеют водяной трубки, и вода подается к хвостовику бура через водяную муфту с резиновыми уплотнениями.

## **5. Общие сведения о гидравлических перфораторах**

*Гидравлические перфораторы* включают в себя ударный, вращательный и распределительный механизмы, источники питания. В отличие от ударно-поворотного механизма пневматических перфораторов гидравлические перфораторы имеют, как правило, независимое вращение бура с помощью автономно встроеного 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.

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 жидкость 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 перфораторов – золотниковые и беззолотниковые. У *золотниковых* перфораторов (ГБГ) переключение потоков энергоносителя осуществляется золотником, движение которого гидравлически связано с движением поршня-ударника. Известны также перфораторы с *вращающимся золотником*, который приводится в движение двигателем вращателя. У *беззолотниковых* перфораторов переключение

потока энергоносителя осуществляется непосредственно поршнем-ударником.

В табл. 5.1, табл. 5.2 и табл. 5.3 приведены сведения о гидравлических перфораторах типа ГП и ГБГ соответственно.

Таблица 5.1

## Гидравлические перфораторы типа ГП

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 5.2

## Гидравлические перфораторы типа ГБГ

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

Перфораторы 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.

Таблица 5.3

## Гидравлические перфораторы типа ГБГ

Параметры	Перфоратор		
	ГБГ6	ГБГ10	ГБГ16
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 магистраle ударника, МПа	15	18,6–22	16–22
Давление в магистраle вращателя, МПа	12	13,2	17,5

Опытные образцы бурильных головок ГБГ6, ГБГ10 и ГБГ16 изготовлены Опытным заводом ВНИПИрудмаша и прошли испытания. Головки бурильные гидравлические ГБГ6, ГБГ10 и ГБГ16 предназначены для бурения шпуров диаметром 35–65 мм в породах с коэффициентом крепости 6–20 по шкале проф. М.М. Протодьяконова на подземных горных работах. Бурильные головки ГБГ6 применяются на бурильных машинах УБШ1, УБШ2. ГБГ10 на УБШ3, УБШ4, а ГБГ16 на УБШ4, УБШ5, БУ-50.

К настоящему времени степень пригодности гидравлических перфораторов повысилась, значительно сокращены эксплуатационные расходы, которые не превышают, а иногда бывают ниже эксплуатационных расходов на пневматические перфораторы. Гидравлические перфораторы 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, позволяет на 40 % понизить уровень шума. При работе с гидравлическими

перфораторами необходима индивидуальная защита органов слуха, так как потеря слуха начинается на частоте 4000–6000 Гц.

Механическая скорость бурения и стойкость бурового инструмента гидравлических перфораторов выше по сравнению с пневматическими перфораторами той же мощности, что является следствием конструктивной формы и размеров поршней-ударников, создающих силовой импульс. Гидравлические перфораторы имеют оптимальное соотношение сечений ударника и буровой штанги, что повышает КПД передачи энергии удара.

Использование гидравлических перфораторов дает возможность получить большую экономию энергии: затраты энергии для бурения шпура гидравлическим перфоратором в 3–5 раз меньше по сравнению с пневматическим.

Применение гидравлических перфораторов позволяет устранить необходимость в больших компрессорах на поверхности и сложных пневматических сетях.

Следует отметить улучшение воздушной среды рабочей зоны при работе гидравлических перфораторов 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.

Наиболее целесообразна замена пневматических тяжелых перфораторов на гидравлические на самоходных бурильных машинах.

### **5. 1. Классификация гидравлических перфораторов**

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 спе-

циального 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.

По принципу действия такие перфораторы подразделяют на ударно-вращательные и вращательно-ударные.

*Ударно-вращательные перфораторы* имеют автономные ударный и вращательный механизмы, не связанные функциональной зависимостью. *Вращательно-ударные перфораторы* 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).

## **5.2. Конструкция гидравлических перфораторных головок**

Устройство гидравлических бурильных головок рассматривается на примере бурильной головки ГБГ6 (рис. 5.1).

Основными узлами головки типа ГБГ6 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.

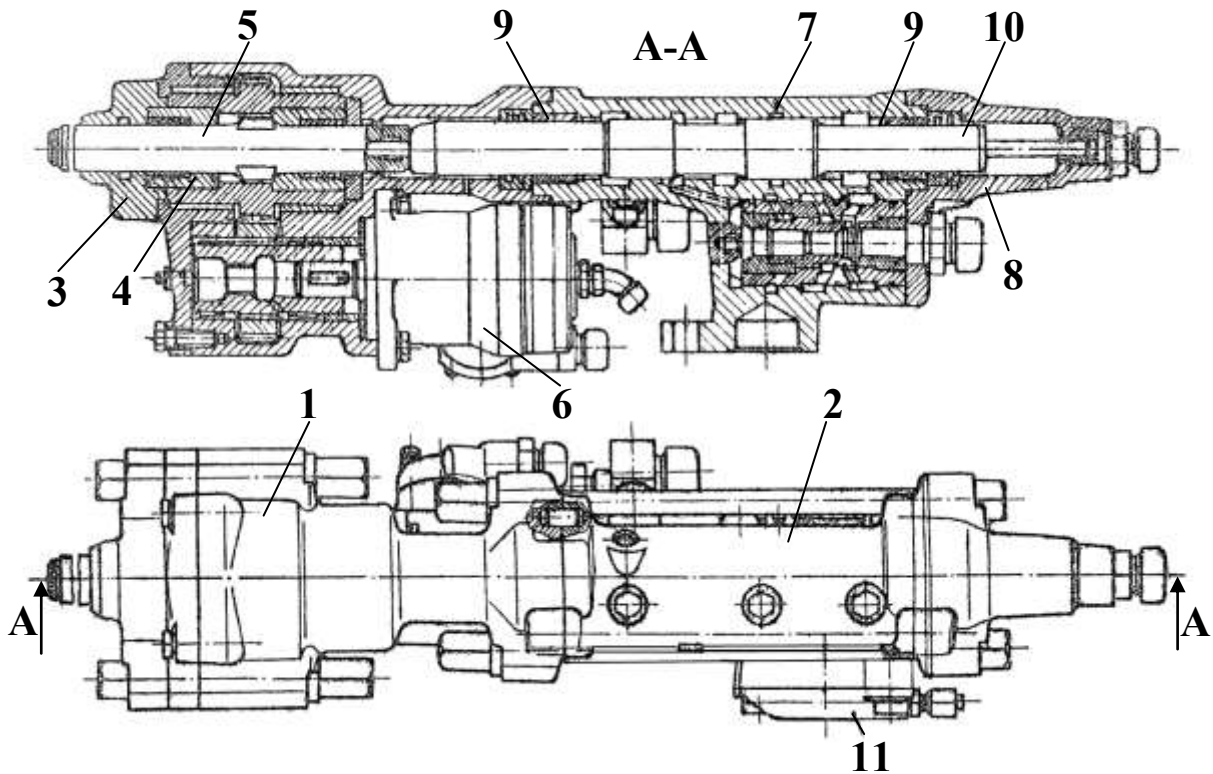


Рис. 5.1. Головка бурильная гидравлическая ГБГ6

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.

**Для самостоятельного изучения истории развития перфораторов, направлений проектирования различных узлов и механизмов, а также для подготовки к защите работ, студентам рекомендуется использовать предлагаемый ниже список рекомендуемой литературы.**

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, В. М. Перфораторы : справочник. – Москва : Недра, 1989. – 216 с.
2. Саfoxин, М. С. Горные машины и оборудование: учебник для вузов / М. С. Саfoxин, Б. А. Александров, В. И. Нестеров. – Москва : Недра, 1995. – 463 с.
3. Яцких, В. Г. Горные машины и комплексы : учебник для техникумов / В. Г. Яцких, Л. А. Спектор, А. Г. Кучерявый; под ред. В. Г. Яцких. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1984. – 400 с.
4. 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.
5. Очкуров, В. И. Буровзрывная технология проведения горизонтальных выработок. Буровзрывные работы: учебное пособие / В. И. Очкуров. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2008. – 163 с.
6. Лыхин, П. А. Тоннелестроение и бурение шпуров и скважин в XIX и XX вв. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 306 с.
7. 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.
8. Машины и оборудование для угольных шахт: справочник / под ред. В. Н. Хорина. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1987. – 424 с.
9. Проходчик горных выработок: справочник рабочего; под ред. А. И. Петрова. – Москва : Недра, 1991. – 646 с.
10. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов: учеб. для вузов / Г. В. Малеев, В. Г. Гуляев, Н. Г. Бойко [и др.]. – Москва : Недра, 1988. – 368 с.
11. Медведев, И. Ф. Режимы бурения и выбор буровых машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1986. – 223 с.
12. Медведев, И. Ф. Механизация проведения горных выработок в крепких породах / И. Ф. Медведев, А. А. Фещенко, С. И. Одинец. – Москва : Недра, 1982. – 166 с.



13. Солод, В. И. Горные машины и автоматизированные комплексы: учебник для вузов / В. И. Солод, В. И. Зайков, К. М. Первов. – Москва : Недра, 1981. – 503 с.

14. Михайлов, Ю. И. Горные машины и комплексы / Ю. И. Михайлов, Л. И. Кантович. – Москва : Недра, 1975. – 425 с.

15. Плотников, А. М. Проходчик горных выработок / А. М. Плотников, Б. М. Усан-Подгорнов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1974. – 264 с.

16. Малевич, Н. А. Горнопроходческие машины и комплексы. – Москва : Недра, 1971. – 384 с.

17. Савченко, А. Я. Новые национальные стандарты на колонковые и телескопические перфораторы / А. Я. Савченко // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – № 8. – С. 35–39.

18. Исследование ударных систем на стенде с баллистическим маятником / Д. А. Юнгмейстер, Г. В. Соколова, А. Я. Бурак, Ю. В. Судьенков // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – № 7. – С. 39–42.

19. Результаты исследований перфоратора со сдвоенной ударной системой / Д. А. Юнгмейстер, А. Я. Бурак, В. А. Пивнев, Ю. В. Судьенков // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – № 3. – С. 17–19.

20. Бойков, В. В. Коэффициент полезного действия удара при перфораторном бурении шпуров / В. В. Бойков // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – № 3. – С. 14–16.

21. Бойков, В. В. Влияние формы и размеров ударника перфоратора на основные параметры процесса бурения шпуров / В. В. Бойков // Горное оборудование и электромеханика. – 2005. – № 4. – С. 2–5.

22. Бойков, В. В. Полный факторный эксперимент в операционной среде компьютерной программы имитационного моделирования ударно-поворотного бурения шпуров / В. В. Бойков // Горное оборудование и электромеханика. – 2005. – № 1. – С. 25–27.

### Составители

Леонид Евгеньевич Маметьев  
Алексей Алексеевич Хорешок  
Александр Михайлович Цехин  
Андрей Юрьевич Борисов

### ПРЕФОРАТОРЫ

Методические указания к практическим работам  
по дисциплине «**Горные машины, комплексы и оборудование**»  
для обучающихся технических специальностей и направлений

Рецензент *Буялич Геннадий Данилович*

Подписано в печать 11.05.2021. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,8.

Тираж 36 экз. Заказ .

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр Кузбасского государственного технического университета  
имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.