

# **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ**

## **Том 1**

**Машины для строительства  
промышленных,  
гражданских сооружений  
и дорог**

*5-е издание, переработанное*

*Под общей редакцией  
д-ра техн. наук Э.Н. Кузина*



*Москва "Машиностроение" 1991*

двигателя трактора ( $k_{\text{взг}} = 0,7$  — с механической трансмиссией и  $0,8$  — с гидромеханической);  $\delta$  — среднее значение коэффициента буксования при рабочем ходе ( $\delta = 0,18$  — гусеничного и  $0,4$  — колесного трактора).  $g$  — ускорение свободного падения;  $G_a$  — эксплуатационная масса агрегата, т;  $\Phi_k$  — среднее значение коэффициента использования сцепного веса за рабочий элемент цикла (отношение среднего касательного усилия к массе агрегата);  $\Phi_k = 0,1$  при максимальном коэффициенте сцепления по касательному тяговому усилию  $\Phi_{k \text{ max}} < 0,45$  и  $\Phi_k = 0,78\Phi_{k \text{ max}} - 0,22$  при  $\Phi_{k \text{ max}} \geq 0,45$ .

Средняя скорость холостого хода зависит от типа подвески ходовой системы трактора и составляет  $v_x = 0,9v_{x \text{ max}}$ , где  $v_{x \text{ max}}$  — максимальная расчетная скорость заднего хода на I или II передаче. Она не превышает, как правило  $5 \dots 6$  км/ч при полужесткой балансирной подвеске и  $7 \dots 8$  км/ч — при эластичной.

Техническая производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) бульдозера с рыхлителем при условии уборки всего объема разрыхленного грунта определяется в виде

$$P_b, p = P_b P_p / (P_b + P_p),$$

где  $P_p$  — производительность рыхлителя;

$$P_p = 3600V_p k_{\gamma} k_k / T_{\text{ц. p}},$$

где  $V_p$  — объем разрыхленного грунта,  $\text{м}^3$ ;  $T_{\text{ц. p}}$  — продолжительность цикла при работе рыхлителя, с.

$$V_p = B_p h_{\text{эф}} S_p,$$

где  $B_p$  — средняя ширина полосы разрыхления за один цикл при числе зубьев больше одного или шаг соседних борозд при рыхлении одним зубом, м;  $h_{\text{эф}}$  — эффективная глубина рыхления, м;  $h_{\text{эф}} = (0,6 \dots 0,8) H_{o.c}$  (где  $H_{o.c}$  — средняя оптимальная глубина рыхления).

Средняя оптимальная глубина рыхления, определяющая наибольшую производительность, зависит от тягового класса трактора, ширины наконечника, числа зубьев, оборудования зубьев уширителями, свойств грунта и при оценочных расчетах может быть принята  $H_{o.c} = \zeta b$ , (где  $b$  — ши-

рина наконечника, м;  $\zeta$  — коэффициент (при продольном рыхлении твердомерзлых грунтов однозубым рыхлителем  $\zeta = 3 \dots 5$ , при поперечном рыхлении и установке на зуб уширителей  $\zeta = 4 \dots 6$ ). При работе многозубых рыхлителей с оптимальным шагом установок зубьев глубина рыхления  $H_{o.c}$  увеличивается на  $10 \dots 20\%$ .

Ширина полосы разрыхления:

$$B_p = k_{\Pi} [b + 2h_{\text{эф}} \text{ctg } \gamma] + t (n_a - 1),$$

где  $k_{\Pi}$  — коэффициент перекрытия (для средних условий  $k_{\Pi} = 0,75$ );  $\gamma$  — угол развала (в зависимости от вида разрыхляемого материала составляет  $15 \dots 60^\circ$ , большее значение — для пластично-мерзлых грунтов).

Продолжительность рабочего цикла рыхлителя при челночной схеме работ определяется по той же формуле, что и бульдозера. При рыхлении участка продольно-поворотным способом из формулы исключают время холостого хода, остановок и замедления, добавляя время на поворот в конце прохода ( $t_{\text{пов}} = 10 \dots 15$  с).

## 1.7. Бурильные и бурильно-крановые машины

### 1.7.1. Назначение и классификация

Бурильные машины в строительстве используют для бурения скважин с целью установки опор линий электропередач и связи, столбов дорожных знаков и ограждений, устройства свай фундаментов зданий и сооружений, опор мостов, производства взрывных работ и т. д. В данном разделе машины для производства буровзрывных работ не рассматриваются, поскольку они в большей степени относятся к горным машинам.

Основными параметрами, обуславливаемыми назначением и определяющими мощность привода, конструкцию и массу бурильных машин, являются глубина и диаметр скважины. Одним из параметров назначения, вводимых по требованиям технологии и условий производства работ, является угол наклона скважины. Машины,

имеющие грузоподъемное оборудование для подъема и установки в скважину опор, столбов и свай, называются бурильно-крановыми. Эти машины можно применять в талых и мерзлых грунтах I—IV категорий, не содержащих крупных твердых включений: камней, валунов, строительных отходов. Машины для бурения скважин под свай и опоры глубокого заложения обычно оснащают набором специального оборудования и инструмента для применения в грунтах с различными физико-механическими свойствами.

В зависимости от глубины бурения и массы бурильные машины условно подразделяют на: *легкие* — с глубиной бурения до 5 м; *средние* — с глубиной бурения до 20 м; *тяжелые* — с глубиной бурения свыше 20 м.

Бурильные машины также различают:

по способу приложения силовой нагрузки — вращательного, ударного и ударно-вращательного действия;

по способу удаления разрушенного грунта из забоя скважин — с периодическим или циклическим удалением грунта (с помощью лопатных, короткошнековых, корневых и ковшовых буров при вращательном бурении; грейферов и желонков — при ударном бурении); с непрерывным удалением грунта (шнеком, потоком сжатого воздуха или промывочной жидкости);

по типу привода исполнительных механизмов — с механическим, гидравлическим и электрическим приводом;

по типу несущего шасси машины могут быть смонтированы на базе автомобилей, тракторов, экскаваторов, стреловых кранов, а также на спецшасси.

### 1.7.2. Конструкция

Наибольшее распространение получили бурильные машины вращательного действия. Основными составными частями их рабочего оборудования являются: бурильный инструмент (бур), осуществляющий непосредственное разрушение грунта и вынос его на поверхность при разработке скважины; бурильная штанга, передающая буру вращение и осевую нагрузку; вращатель, обеспечивающий вращение

бурильной штанги с буром; механизм подачи, осуществляющий осевое перемещение бурильной штанги с буром; мачта, предназначенная для направления штанги в процессе бурения, восприятия от нее реактивного момента и размещения на ней механизмов вращения и подачи; грузоподъемный механизм для осуществления спуско-подъемных операций с буром, штангой, а также с различными грузами при выполнении подготовительно-заключительных работ.

*Виды бурильного инструмента* представлены на рис. 1.78, а—з. Лопастной бур (рис. 1.78, а) применяют главным образом на легких бурильно-крановых машинах, он имеет винтовые лопасти для накопления и последующего выноса грунта из скважины. Лопасти выполняют литыми заодно с остовом, соединяемым с бурильной штангой, либо приваривают к остову. Для разрушения грунта к лопасти винтами крепят резцы, а к нижней части остова бура с помощью пальца — забурник. Для предотвращения просыпания грунта при подъеме на поверхность к лопастям шарнирно крепят заслонки.

Средние и тяжелые машины комплектуют набором бурильного инструмента, основными видами которого являются шнековый и ковшовый буры (рис. 1.78, б, в), оснащаемые также резцами и забурником. Бурение шнековым буром, в зависимости от конструкции машины и глубины скважины, может осуществляться как непрерывно на всю глубину скважины, так и циклично в грунтах, устойчивых к обрушению. Ковшовый бур и грейфер (рис. 1.78, д) применяют преимущественно в сыпучих грунтах при бурении с использованием обсадных труб (рис. 1.78, ж). Конструкция ковшового бура предусматривает возможность разгрузки путем механического открытия днища.

Для защиты от абразивного изнашивания резцы и забурники лопастных, шнековых и ковшовых буров наплавляют износостойким материалом, а для бурения в мерзлых грунтах их армируют пластинами твердого сплава.

Для изготовления буронабивных свай с уширенной пятой в комплект

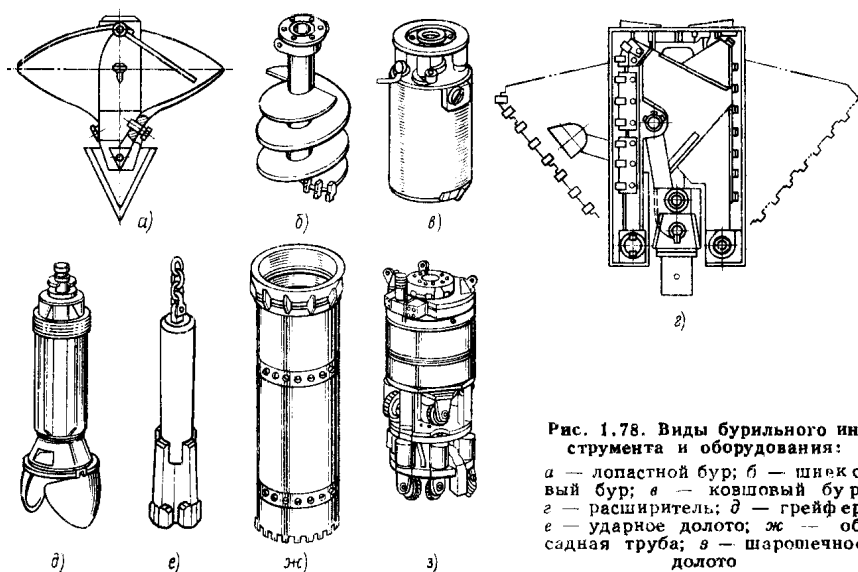


Рис. 1.78. Виды бурильного инструмента и оборудования:

а — лопастной бур; б — шнековый бур; в — ковшовый бур; г — расширитель; д — грейфер; е — ударное долото; ж — обсадная труба; з — шарошечное долото

инструментов средних и тяжелых машин включают расширители (рис. 1.78, г) — буры с выдвигаемыми боковыми режущими элементами. Машины тяжелого типа, как правило, оснащают ударными долотами (рис. 1.78, е) для бурения валунных, гравийно-галечниковых отложений и скальных пропластков.

Тяжелые машины также могут оснащаться специальным оборудованием и инструментом для шарошечного (рис. 1.78, в) и пневмоударного бурения.

Легкие бурильные и бурильно-крановые машины преимущественно применяют для бурения скважин под опоры линий электропередач и связи, под столбы дорожных знаков, ограждений и т. д. Техническая характеристика этих машин приведена в табл. 1.23.

Из легких машин наиболее совершенны машины циклического действия БМ-205Б, БМ-305А и БМ-302Б, имеющие унифицированное бурильно-крановое оборудование. Особенностью этого оборудования является совмещение функций механизма подачи и бурильной штанги в одном узле, помещенном внутри трубчатой мачты и

называемом гидравлической бурильной штангой (рис. 1.79).

Гидравлическая бурильная штанга представляет собой длинноходовой гидроцилиндр двустороннего действия, в полость которого рабочая жидкость подается через внутренние каналы в штоке гидроцилиндра. Корпус гидроцилиндра выполнен по наружной поверхности с квадратным сечением и имеет возможность как поступательного, так и вращательного движения относительно штока, закрепленного верхним концом внутри трубчатой мачты. К хвостовику гидравлической бурильной штанги, проходящей через сквозное отверстие втулки вращателя, прикреплен лопастной бур.

Вращатель унифицированного оборудования представляет собой одноступенчатый конический редуктор, прикрепленный к нижнему фланцу трубчатой мачты и приводимый от двигателя базовой машины через механическую трансмиссию.

Компактность и простота конструкции данного оборудования позволили уменьшить массу машин, повысить надежность и улучшить условия эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

### 1.23. Техническая характеристика легких бурильно-крановых и бурильных машин

Показатель	Бурильно-крановые машины						Бурильные машины				
	БМ-205Б	БМ-305А	БМ-302Б	БКМ-2/1,25	БКМ-2,5/2	БКМА-1/3,5	МРК-750А4	МРК-750Т	МРК-900Т		
Глубина бурения, м	2		3		2		2,5		3,5		
Диаметр скважины, м	0,35; 0,5; 0,63; 0,8		0,36; 0,45		0,3; 0,6; 0,8; 1,0		0,75		4,5 0,9		
Угол бурения, ...°	60 ... 102		62 ... 95		62 ... 96		75 ... 95		60 ... 98		
Грузоподъемность кранового оборудования, т	1,25		2		2		90±5		—		
Наибольшая высота подъема крюка, м	5,4	6,6	6,3	6	7,2	6,8	—		—		
Максимальный вращающий момент на буре, кН·м	4,9	5,38	4,9	4,5		8,36	6,37	5,9	7,36		
Максимальное усилие подачи, кН	24,5	23,5	18,6	16		40	44		63,7		
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	1,91; 2,63; 3,3	1,73; 2,38; 3,01	1,75; 2,43; 3,03	1,21		1,3; 1,91; 3,0	0,4 ... 1,36		0,33 ... 1,5		
Тип привода вращения	<b>Механический</b>										
Тип бурильного инструмента	Лопастной бур			Шнековый бур		Лопастной бур	Шнековый бур				
Техническая производительность, опор в час (м/ч)	4,35	4,47	3,61	4,4	3,03	4,0	(16)	(18,4)	(7,2)		
Масса, т:	2,245		1,77	2,095		2,266	3,274	3,625	4,25	4,5	5,8
рабочего оборудования	5,46		8,695	5,345		5,516	9,344	7,325	10,08	15,72	17,1
общая	Трактор		Автомобили	Трактор		Автомобиль		Трактор		ТТ-4	
Тип базовой машины	МТЗ-82		ДТ-75МВ	ГАЗ-66		ЮМЗ-6Л		ДТ-75М	ЗИЛ-130		ЗИЛ-131

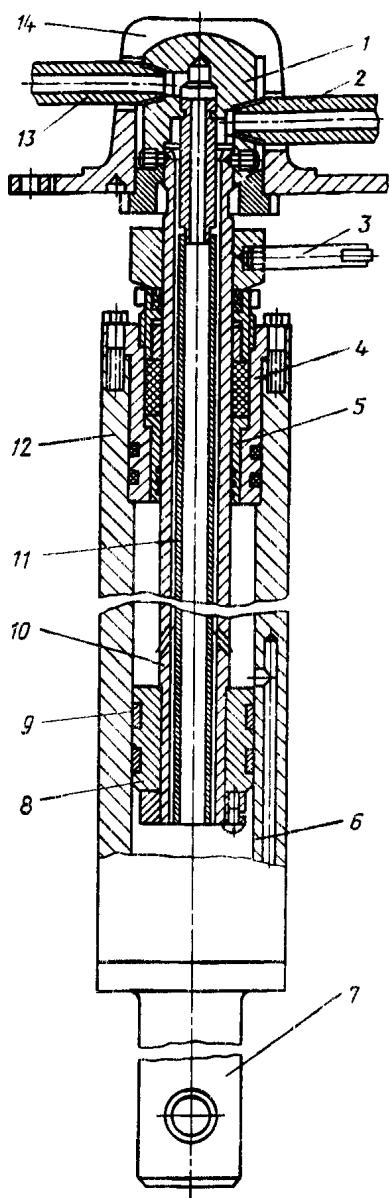


Рис. 1.79. Гидравлическая бурильная штанга:

1 — шток с шаровой головкой; 2, 13 — штуцеры; 3 — указатель глубины бурения; 4 — корпус с уплотнением; 5 — втулка; 6 — канал с клапаном; 7 — хвостовик; 8 — поршень; 9 — направляющие вкладыши; 10 — шток; 11 — труба; 12 — корпус штанги; 14 — корпус

В отличие от машин циклического действия БМ-205Б, БМ-305А, БМ-302Б и БКМА-1/3,5 бурильно-крановые машины БКМ-2/1,25 и БКМ-2,5/2 осуществляют непрерывное бурение на всю глубину скважины. В этих машинах бурение оборудование выполнено отдельно от грузоподъемного и включает в себя стрелу с консольно размещенным на ней вращателем со шнековым буром. Привод вращения бура осуществляется через телескопический карданный вал и коробку отбора мощности от двигателя базового трактора. Бур подается на забой с помощью стрелы, перемещаемой гидроцилиндрами. Составными частями грузоподъемного оборудования являются: несущая рама, стрела, гидроцилиндр подъема стрелы, фиксатор установки стрелы в рабочем положении, лебедка, крюковая подвеска.

Бурильные машины типа МРК также осуществляют непрерывный процесс бурения. Шнековый бур приводится в действие вращателем, перемещаемым по направляющим мачты, через механическую трансмиссию от двигателя базовой машины. Поступательное перемещение вращателя с буром осуществляется с помощью канатно-блочного механизма подачи, приводимого в движение с помощью гидроцилиндра.

Средние и тяжелые бурильные и бурильно-крановые машины применяют главным образом в фундаментостроении. Их разрабатывают на базе автомобилей повышенной грузоподъемности, экскаваторов, гусеничных и пневмоколесных кранов. Техническая характеристика этих машин дана в табл. 1.24.

Бурильно-крановая машина БКМ-1501 (рис. 1.80) на базе автомобиля КраЗ-250 предназначена для бурения скважин глубиной до 15 м и диаметром до 0,63 м в вечномёрзлых, мерзлых и талых грунтах под вмораживаемые и погружаемые сваи фундаментов жилых и промышленных зданий, опор трубопроводов и линий электропередач. Машина имеет гидравлический привод исполнительных механизмов от насосной станции 9, приводимой двигателем базового автомобиля. Ее бурильное оборудование вместе с кабиной 5 и гидроаппаратурой

## 1.24. Техническая характеристика средних и тяжелых бурильных машин

Показатель	БКМ-1501	БМ-2001	БМ-2002	БМ-3002	БМ-4001
Глубина бурения, м	15	20	30	40	
Диаметр скважины, м	0,35; 0,5; 0,63	0,63; 1,0	0,63; 1,0; 1,2 90	1,0; 1,2; 1,5	1,2; 1,5; 1,7 78 ... 90
Угол бурения, ...°					
Мощность привода машины, кВт	114	125	96	125	125
Максимальный вращающий момент на буре, кН·м	14,7	20,0	66,1	114	74
Частота вращения бура, с <sup>-1</sup>	0,83 ... 2,0	0,83 ... 1,33	0,16 ... 1,0	0 ... 0,81	0,28
Осевая нагрузка на буре, кН	100	120	170	200	200
Состав комплекта бурильного инструмента	Шнековые и ковшовые буры		Шнековые и ковшовые буры, расширитель	Шнековые и ковшовые буры, расширитель, ударное долото, грейфер	
Характеристика механизма обсадки труб:					
усилие погружения, кН	—	—	170	263	220
усилие извлечения, кН	—	—	940	979	970
вращающий момент на обсадной трубе, кН·м	—	—	450	696	805
угол качания, ...°	—	—	22	22	22
ход подачи, мм	—	—	360	360	360
масса, т	—	—	7,5	9,0	11,6
Техническая производительность бурения, м/ч	9 ... 15	12 ... 18	7 ... 30	5,7 ... 16,0	3,1
Масса машины без механизма обсадки труб, т	23,4	48,0	36,43	60	70
Базовая машина	Автомобиль КрАЗ-250	ЭО-5122	Экскаватор		ЭО-6122
			ЭО-4125	ЭО-5117 (ЭО-5123)	

размещено на неполноповоротной платформе 8, что позволяет бурить скважины в пределах сектора с углом 180° в плане. К платформе 8 шарнирно прикреплена мачта 2, внутри которой смонтированы вращатель и механизм подачи. Через сквозное отверстие втулки вращателя пропущена подвешенная на канате двухсекционная телескопическая бурильная штанга с квадратным сечением по наружной поверх-

ности секций. Подача штанги с буром осуществляется с помощью патрона с направляющей трубой, перемещаемого гидроцилиндрами. Для передачи осевой нагрузки на бур конструкция патрона предусматривает механический зажим штанги подвижными вкладышами, размещаемыми в обойме патрона. По аналогичному принципу обеспечивается зажим внутренней секции штанги в наружной. Вкладыши

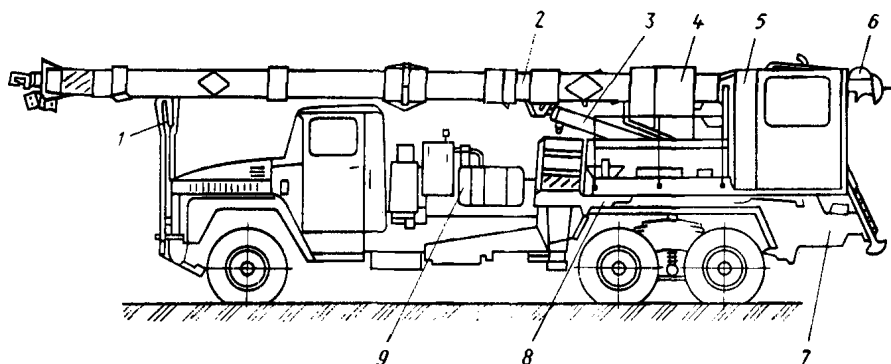


Рис. 1.80. Бурильно-крановая машина БКМ-1501 в транспортном положении:  
 1 — опорная стойка; 2 — мачта; 3 — гидроцилиндр подъема мачты; 4 — кронштейн крепления мачты к платформе; 5 — кабина; 6 — шнековый бур; 7 — задние аутригеры; 8 — поворотная платформа; 9 — насосная станция

разжимаются при снятии крутящего момента.

Машина БКМ-1501 имеет при эксплуатации в условиях вечномерзлых и мерзлых грунтов лучшую производительность по сравнению с подобными ей зарубежными машинами TE-1200S (Япония) и RTA-H (Италия) благодаря более высокому значению осевого усилия и частоты вращения бура, обеспечивает более точный контроль глубины бурения и угла наклона скважин. Вместе с тем указанные зарубежные машины имеют меньшую удельную массу на 1 м, большие глубины скважин, высокий крутящий момент и лучшую наводку бура на точку бурения из-за возможности продольного перемещения платформы.

Машина БМ-2001 на базе экскаватора ЭО-5122 предназначена для бурения скважин глубиной до 20 м и диаметром 0,63 и 1,0 м под буронабивные сваи. Машина отличается тем, что в ней применен погружной вращатель с гидроприводом. Подача вращателя с буром осуществляется напорной штангой с помощью лебедок механизма подачи, приводимых в движение гидродвигателями. Сняв вращатель с буром и установив вместо него на напорную штангу плоский грейфер, можно использовать машину по принципу оборудования «стена в грунте».

Машины БМ-2002, БМ-3002 (рис. 1.81) и БМ-4001 составляют

конструктивно подобный типоразмерный ряд навесного бурильного оборудования на базе экскаваторов ЭО-4125, ЭО-5123 и ЭО-6122 и предназначены для бурения скважин под буронабивные сваи и сваи-оболочки фундаментов промышленных сооружений, пойменных и русловых опор мостов.

Некоторые различия конструкций обусловлены параметрами машин и технологическими возможностями заводов-изготовителей. Машины имеют гидравлический привод всех исполнительных механизмов от насосных станций базовых экскаваторов и управляются из их кабин. Бурильные штанги выполнены в виде телескопических конструкций. Секции штанг изготовлены из труб, к наружной поверхности которых приварены продольные направляющие шпонки, расположенные диаметрально противоположно и служащие для передачи крутящего момента от вращателя бура.

Вращатели имеют возможность перемещения по направляющим мачты одним длинноходовым гидроцилиндром у машин БМ-2002 и БМ-3002 соответственно на 4 и 6 м и двумя гидроцилиндрами с ходом 6 м у машины БМ-4001. Это позволяет использовать вращатель не только для передачи вращения бура, но и для задавливания им обсадных труб. Мачты шарнирно прикреплены к платформе экскаватора и укладываются в транспортное



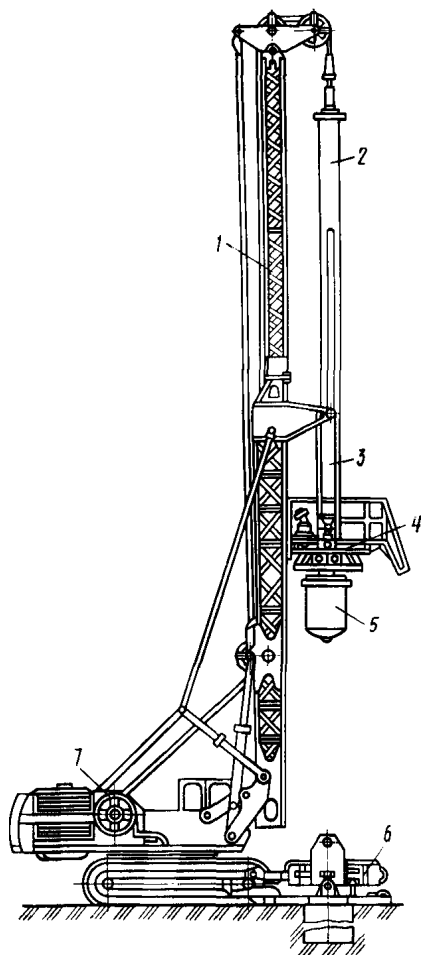


Рис. 1.81. Бурильная машина БМ-3002:  
 1 — мачта; 2 — телескопическая штанга;  
 3 — гидроцилиндр подачи; 4 — вращатель;  
 5 — ковшовый бур; 6 — механизм извлечения и погружения обсадных труб; 7 — лебедка

положение гидроцилиндрами. Машины оснащены механизмом погружения и извлечения обсадных труб, рама которого шарнирно прикреплена к ходовой тележке экскаватора. На раме механизма установлены хомуты с гидроцилиндром зажима обсадной трубы, гидроцилиндры качания, погружения и извлечения обсадных труб.

По конструктивным решениям и техническим параметрам машины БМ-2002, БМ-3002 и БМ-4001 находятся на высоком техническом уровне.

### 1.7.3. Тенденции развития бурильной техники

Развитие технологии строительных работ с применением бурения в отечественной и зарубежной практике определяет целесообразность значительного расширения научных исследований и опытно-конструкторских работ по созданию и совершенствованию бурильной техники.

В ряду легких машин целесообразно появление многофункциональных бурильно-монтажных манипуляторных установок, оснащенных бурильным оборудованием, грузозахватными и другими устройствами (монтажной люлькой, трамбующим гидромолотом и т. д.) для выполнения комплекса работ при строительстве и ремонте линий электропередач и связи, дорожном обустройстве.

Необходимо дальнейшее расширение области применения по грунтовым условиям средних и тяжелых бурильных машин, повышение их эффективности при проходке скважин в валуно-галечниковых и скальных отложениях путем оснащения ударно-вращательным бурильным оборудованием. Для этого потребуются комплектовать средние и тяжелые машины дополнительно автономными компрессорными, вакуумно-отсасывающими или насосными установками для удаления выбуренных частиц из скважин и охлаждения породоразрушающего инструмента.

Требуется развития модульный принцип проектирования бурильных установок. Заслуживает внимания зарубежный опыт производства модульных бурильных приставок с автономным дизельным или электрическим приводом, монтируемых на стреловых кранах, автономных приставок с оборудованием для обсадки труб.

Разработка новой бурильной техники должна вестись с учетом требований значительного повышения уров-