

## V. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СКВАЖИН УСТАНОВКАМИ ШТАНГОВЫХ НАСОСОВ

### 5.1. Характеристика отечественных станков – качалок (СК)

Паспортные данные станков-качалок нормального ряда по  
ГОСТ 5866-76

Обозначение станка-качалки	Паспортные характеристики				
	$[P_{\max}]$ т	$[M_{кр}] \cdot 10^{-2}$ Н·м	$[S \cdot n]_{\min}$ м/мин	$[S \cdot n]_{\max}$ м/мин	$N_{дв}$ кВт
СК1,5-0,42-100	1,5	10	1,5	6,3	2,0
СК2-0,6-250	2,0	25	1,5	9	2,8
СК3-0,75-400	3,0	40	1,5	11,25	5,0
СК3-1,2-630	3,0	63	2,2	18	7,0
СК4-2,1-1600	4,0	160	4,2	31	10
СК5-3,0-2500	5,0	250	6,5	45	20
СК6-2,1-2500	6,0	250	4,5	31	20
СК8-3,5-4000	8,0	400	8,3	42	40
СК12-2,5-4000	12,0	400	6,0	30	28
СК20-4,5-12500	8,0	560	8,3	42	28
СК10-3,0-5600	10,0	560	6,5	36	28
СК10-4,5-8000	10,0	800	9,0	45	40
СК12-3,5-8000	12,0	800	10,0	35	40
СК15-3,5-12500	15,0	1250	8,3	35	55
СК12-2,5-40000	20,0	1250	9,0	45	55

Таблица 5.1.1

## Основные параметры станков-качалок по ГОСТ 5866-66

Типоразмер станков-качалок	Наименование показателя						
	кН	$[M_{кр}^{max}] Н \cdot м$	Длина хода точки подвеса штанг, м		Число качаний балансира, 1/мин	Система уравнивания	
<b>Базовые модели</b>							
1СК1,5-0,42-100	15	1,0	0,3	0,35	0,42	5 – 15	Балансирная
1СК2-0,6-250	20	2,5	0,3	0,45	0,6	5 – 15	-«»-
3СК-0,75-400	30	4,0	0,3	0,52	0,75	5 – 15	-«»-
4СК-1,2-700	30	7,0	0,45	0,6	0,75 0,9 1,05 1,2	5 – 15	Комбиниров.
5СК6-1,5-1600	60	16,0	0,6	0,9	1,2 1,5	5 – 15	-«»-
6СК-2,1-2500	60	25,0	0,9	1,2	1,5 1,8 2,1	6 – 15	-«»-
7СК12-2,5-4000	120	40,0	1,2	1,5	1,8 2,1 2,5	5 – 12	Кривошипная
8СК12-3,5-8000	120	80,0	2,1	2,3	2,6 2,9 3,2	5 – 10	-«»-
9СК-20-4,2-12000	200	120,0	2,5	2,8	3,15 3,5 4,2	5 – 10	-«»-
<b>Модифицированные модели</b>							
1СК-0,6-100	10	1,0	0,4	0,5	0,6	5 – 15	Балансирная
2СК2,5-0,9-250	12,5	2,5	0,44	0,66	0,9	5 – 15	-«»-
3СК2-1,05-400	20	4,0	0,42	0,75	1,05	5 – 15	-«»-
3СК-1,8-700	20	7,0	0,675	0,9	1,125 1,35 1,575 1,8	5 – 15	Комбиниров.
5СК4-2,1-1600	40	16,0	0,84	1,26	1,86 2,1	5 – 15	-«»-
6СК4-3-2500	40	25,0	1,29	1,7	2,15 2,6 3,0	6 – 15	-«»-
7СК-3,5-4000	80	40,0	1,675	2,1	2,5 3,0 3,5	5 – 12	Кривошипная
7СК12-2,5-6000	120	60,0	1,2	1,5	1,8 2,1 2,5	5 – 12	-«»-
8СК8-3,5-6000	80	60,0	1,676	2,1	2,5 3,0 3,5	5 – 12	-«»-

## 5.2. Вставные и невставные (трубные) насосы

Скважинные насосы изготавливаются следующих типов:

- НВ 1 – вставные с замком наверху;
- НВ 2 – вставные с замком внизу;
- НН – невставные без ловителя;
- НН 1 – невставные с захватным штоком;
- НН 2 – невставные с ловителем.

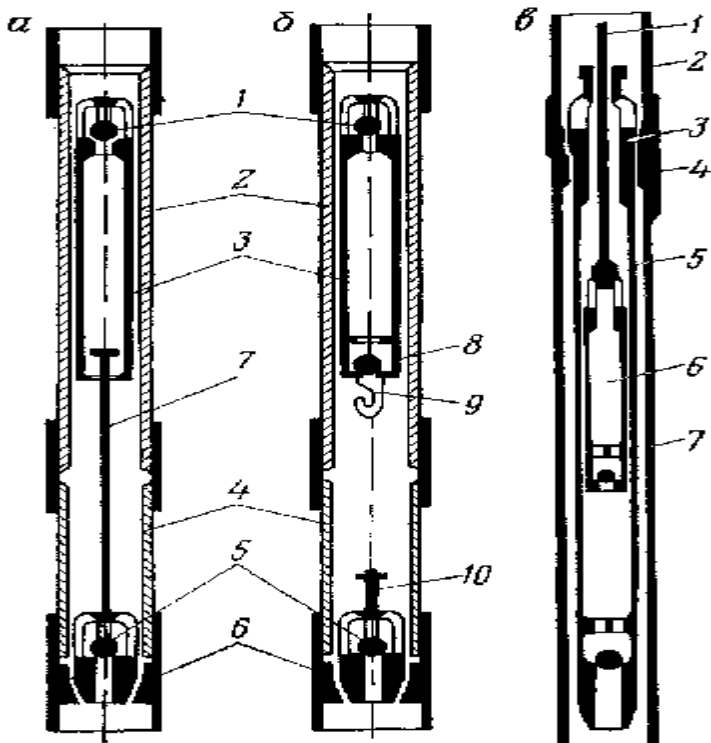
Выпускаются насосы следующих конструктивных исполнений:

- по конструкции (исполнению) цилиндра: Б – с толстостенным цельным (безштулочным) цилиндром; С – с составным (штулочным) цилиндром;

- по конструктивным особенностям, определяемым функциональным назначением (областью применения): Т – с полым (трубчатым) штоком, обеспечивающим подъем жидкости по каналу колонны трубчатых штанг; А – со сцепляющим устройством (только для насосов типа "НН"), обеспечивающим сцепление колонны насосных штанг с плунжером насоса; Д1 – одноступенчатые, двухплунжерные, обеспечивающие создание гидравлического тяжелого низа; Д2 – двухступенчатые, двухплунжерные, обеспечивающие двухступенчатое сжатие откачиваемой жидкости (насосы, кроме исполнений Д1 и Д2 – одноступенчатые, одноплунжерные);

- по стойкости к среде: без обозначения – стойкие к среде с содержанием механических примесей до 1,3г/л (нормальные); И – стойкие к среде с содержанием механических примесей более 1,3 г/л (абразивостойкие).

В условном обозначении насоса, например НН2БА-44-18-15-2, первые две буквы и цифра указывают тип насоса, следующие буквы – исполнение цилиндра и насоса, первые две цифры – диаметр насоса, последующие – длину хода плунжера в мм и напор в метрах, уменьшенные в 100 раз и последняя цифра – группу посадки. На рис. 5.2.1 показаны принципиальные схемы невставных (а и б) и вставного (в) насосов.



а – невставной насос с штоком типа НГН-1;

б – невставной насос с ловителем типа НГН-2; 1–нагнетательные клапаны, 2–цилиндры, 3 – плунжеры, 4 – патрубки- удлинители, 5–всасывающие клапаны, 6–седла корпусов, 7– захватный шток, 8 – второй нагнетательный клапан, 9 – ловитель, 10 – наконечник для захвата клапана;

в – вставной насос типа НГВ-1: 1 – штанга, 2 – НКТ, 3 – посадочный корпус, 4– замковая опора, 5– цилиндр, 6– плунжер, 7 – направляющая трубка.

Рисунок 5.2.1 – Принципиальная схема скважинных штанговых насосов

## Рекомендуемая область применения скважинных насосов

Штанговый насос	Условный размер, мм	Длина хода, мм	Содержание механических примесей, г/л	Вязкость добываемой жидкости, Па·с, не более	Объемное содержание свободного газа, %, не более	рН, водородный показатель
НВ1Б	29; 32; 38; 44; 57	1200 – 6000	До 1,3	0,025	10	4,2 – 6,8
НВ2Б	32; 38; 44; 57	1800 – 6000				
НН2Б	32; 44; 57; 70; 95	1200 – 4500				
НВ1С	29; 32; 38; 44; 57	1200 – 3500				
НН2С	32; 44; 57; 70; 95	1200 – 3500				
НН1С	29; 32; 44; 57	900				
НН2БУ	44; 57	1800 – 3500				
ННБА	70; 95; 102	2500 – 4500				
НВ1Б...И	29; 32; 38; 44; 57	1200 – 6000	Более 1,3			6,0 – 8,0
НН2Б...И	32; 44; 57; 70; 95	1200 – 4500				
НВ1БТ...И НН2БТ...И	44; 57	1200 - 3000				
НВ1БД1	38/57; 57/44	1800 – 3500	До 1,3	0,300	10	4,2 – 6,8
ННБД1	44/29; 57/32; 70/44	1800 – 3000		0,025		
НВ1БД2	38/57	1800 – 3500		25		

Таблица 5.2.2

## Области применения скважинных штанговых насосов

Тип насоса	Условный размер насоса, мм	Максимальная идеальная подача при $n=10\text{мин}^{-1}$ , $\text{м}^3/\text{с}$	Максимальная длина хода плунжера, мм	Максимальная глубина спуска насоса, м	Условия эксплуатации	
					вязкость жидкости не более, мПа·с	содержание механических примесей, %
1	2	3	4	5	6	7
НСН 1	28	8,0	900	1200	25	до 0,05
	32	10,5	900	1200		
	43	19,0	900	1200		
	55	31,0	900	1000		
НСН 2	32	35,0	3000	1200	25	до 0,05
	43	94,5	4500	2200		
	55	155,0	4500	1800		
	68	235,0	4500	1600		
	93	440,0	4500	800		
НСН 2Т	43	63,0	3000	1200	15	более 0,2
	55	103,5	3000	1000		
НСН 2В	32	35,0	3000	1200	15	более 0,2
	43	94,5	4500	1500	15	
	55	155,0	4500	1200	15	
	68	235,0	4500	1000	15	

Продолжение таблицы 5.2.2

1	2	3	4	5	6	7
НСН 2В	93	440,0	4500	800	25	до 0,05
НСВ 1	28	31,0	3500	2500	25	до 0,05
	32	41,0	3500	2200		
	38	98,5	6000	3500		
	43	125,5	6000	1500		
	55	207,0	6000	1200		
НСВ 2	32	41,0	3500	3500	25	до 0,05
	38	98,5	6000	3500		
	43	125,5	6000	3000		
	55	207,0	6000	2500		
НСВ 1В	32	41,0	3500	2200	15	более 0,2
	38	57,5	3500	2000		
	43	73,5	3500	1500		
НСВ Г	55	120,0	3500	1200	100	до 0,05
	38/55	64,0	3500	1200		
	55/43	73,5	3500	1200		
НСВ 1П	28	31,0	3500	2500	25	до 0,2
	32	41,0	3500	2200		
	38	57,5	3500	2000		
	43	73,5	3500	1500		
	55	120,0	3600	1200		
НСВД	38/55	64,0	3500	1200	15	до 0,05

Таблица 5.2.3

**Техническая характеристика скважинных насосов  
исполнения НВ1С**

Насос	Диаметр насоса, мм	Длина хода плунжера, мм	Идеальная подача при 10- и 2-ных ходах в мин., м <sup>3</sup> /сут	Напор, м	Длина плунжера, мм	Присоединительная резьба к штангам ГОСТ13877 - 80	Габаритные размеры, мм, не более		Масса, кг. (не более)					
							диаме тр D	длина L						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
НВ1С-29-12-15	29	1200	11,4	1500	1200	Ш 19	48,2	4000	36,0					
НВ1С-29-18-15		1800	17,1	2500	1800			4600	42,3					
НВ1С-29-18-25		2500	23,8	1500	1200			5200	48,0					
НВ1С-29-25-15				2500	1800			5800	53,5					
НВ1С-29-25-25				2500	1800			6400	59,5					
НВ1С-29-30-15		3000	28,5	1500	1200			4000	33,0					
НВ1С-29-30-25				2500	1800			4600	39,0					
НВ1С-32-12-15	32	1200	14,0	1500	1200		5200	45,0						
НВ1С-32-18-15		1800	21,0	2200	1800		5800	49,0						
НВ1С-32-18-22		2500	29,0	1500	1200									
НВ1С-32-25-15				2200	1800									
НВ1С-32-25-22		3000	35,0	1500	1200		6400	53,5						
НВ1С-32-30-15				2200	1800		4100	52,0						
НВ1С-32-30-22		2200	1800											
НВ1С-38-12-15	38	1200	20,0	1500	1200	59,7	4700	62,5						
НВ1С-38-18-15		1800	29,5	2000	1500		5000	64,5						
НВ1С-38-18-20				2500	41,0		1509	1200	5300	69,5				
НВ1С-38-25-15		2000	1500				5600	72,5						
НВ1С-38-25-20		3000	49,0	1500	1200		5900	77,5						
НВ1С-38-30-15				2000	1500		6200	81,5						
НВ1С-38-30-20		3500	57,5	1500	1200		6500	85,5						
НВ1С-38-35-15				2000	1500		6800	88,5						
НВ1С-38-35-20		44	1200	26,3	1500		1200		4100	48,0				
НВ1С-44-12-15									1800	39,4	4700	54,5		
НВ1С-44-18-15	2500					54,7							5300	61,5
НВ1С-44-25-15									3000	65,6	5900	67,5		
НВ1С-44-30-15														

Продолжение таблицы 5.2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

НВ1С-57-18-12	57	1800	66,1	1200	1200	Ш 22	72,9	4750	72,5
НВ1С-57-25-12		2500	91,8					5350	80,0
НВ1С-57-30-12		3000	110,2					5950	88,5
НВ1С-57-35-12		3500	128,5					6510	96,5

Таблица 5.2.4

Техническая характеристика скважинных насосов  
исполнения НВ1Б

Насос	Диаметр насоса, мм	Длина хода плунжера, мм	Идеальная подача при 10- и 2-ных ходах в мин., м <sup>3</sup> /сут	Напор, м	Длина плунжера, мм	Присоединительная резьба к штангам ГОСТ 13877 - 80	Габаритные размеры, мм, не более		Масса, кг, (не более)
							диаметр D	длина L	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НВ1Б-29-12-15	29	1200	11,4	1500	1200	Ш19	448,2	4050	33,0
НВ1Б-29-18-15		1800	17,1	2500	1800			4650	38,0
НВ1Б-29-18-25				5250	43,0				
НВ1Б-29-25-15		2500	23,8	1500	1200			5850	47,0
НВ1Б-29-25-25				2500	1800			6450	52,0
НВ1Б-29-30-15		3000	28,5	1500	1200			4050	33,0
НВ1Б-29-30-25	2500			1800	4650		40,5		
НВ1Б-32-12-15	32	1200	14,0	1500	1200		5250	46,0	
НВ1Б-32-18-15		1800	21,0	2200	1800		5850	49,0	
НВ1Б-32-18-22				1500	1200		6450	53,5	
НВ1Б-32-25-15		2500	29,0	2200	1800		4100	45,0	
НВ1Б-32-25-22				1500	1200		4700	51,0	
НВ1Б-32-30-15		3000	35,0	2200	1800	5000	54,5		
НВ1Б-32-30-22	1500			1200	5300	57,5			
НВ1Б-38-12-15	38	1200	20,0	1500	1200	59,7	5600	61,5	
НВ1Б-38-18-15		1800	29,5	2000	1500		4100	45,0	
НВ1Б-38-18-20				1500	1200		4700	51,0	
НВ1Б-38-25-15		2500	41,0	1500	1200		5000	54,5	
НВ1Б-38-25-20	2000			1500	5300	57,5			

Продолжение таблицы 5.2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НВ1Б-38-30-15	38	3000	49,0	1500	1200	19	9,7	5900	63,5
НВ1Б-38-30-20				2000	1500			6200	67,0

НВ1Б-38-35-15		3500	57,5	1500	1200			6500	70,0
НВ1Б-38-35-20				2000	1500			6800	73,5
НВ1Б-38-45-15		4500	73,5	1500	1200			7400	77,5
НВ1Б-38-45-20				2000	1500			7700	82,5
НВ1Б-38-45-15		4500	73,5	1500	1200			7400	77,5
НВ1Б-38-45-20				2000	1500			7700	82,5
НВ1Б-38-60-15		6000	90,0	1500	2000			8900	95,5
НВ1Б-38-60-20				2000	1500			9200	99,0
НВ1Б-44-12-15	44	1200	26,3	1500	1200			4100	48,0
НВ1Б-44-18-15		1800	39,4					4700	55,0
НВ1Б-44-25-15		2500	54,7					5300	63,0
НВ1Б-44-30-15		3000	65,6					5900	68,0
НВ1Б-44-35-15		3500	76,6					6500	74,0
НВ1Б-44-45-15		4500	98,5					7400	88,0
НВ1Б-44-60-15		6000	131,3					8900	105,0
НВ1Б-57-18-12		57	1800					66,1	1200
НВ1Б-57-25-12	2500		91,8	5400	82,5				
НВ1Б-57-30-12	3000		110,2	6000	92,0				
НВ1Б-57-35-12	3500		128,5	6600	98,0				
НВ1Б-57-45-12	4500		165,3	7500	108,0				
НВ1Б-57-60-12	6000		220,4	9000	135,0				

### 5.3. Сведения о типах и характеристиках штанговых скважинных насосов, выпускаемых по стандарту API

До недавнего времени основным изготовителем ГШН для стран СНГ являлся Суруханский машиностроительный завод г. Баку (бывший завод им. Дзержинского). Изготовление насосов производилось по ОСТ 26.16.06-86. По эксплуатационным качествам, конструктивному и материальному исполнению эти насосы не в полной мере удовлетворяли запросам нефтегазодобывающей отрасли, в связи с чем значительное количество насосов закупалось по импорту в США и Европе.

Все основные производители ГШН в США и Европе изготавливают насосы в соответствии со стандартами Американского нефтяного института (API) - Спецификация 11AX. По своим эксплуатационным качествам эти насосы значительно превосходят изготавливаемые по ОСТ26.16.06-86, а многообразие исполнения обеспечивает подбор насосов для любых скважинных условий.

#### *Типы и обозначение насосов*

Глубинные штанговые насосы в соответствии с классификацией API подразделяются на 15 основных типов в зависимости от

исполнения цилиндра и плунжера, расположения замковой опоры (табл. 5.3.1)

Насосы состоят из цельного неподвижного цилиндра, подвижного металлического плунжера, одинарных всасывающего и нагнетательного клапанов и узла крепления насосов в НКТ. Схемы насосов приведены 5.3.1...5.3.3.

Таблица 5.3.1

### Основные типы насосов по стандарту API

Тип насоса	Маркировка насосов					
	с метал. плунжером			с манж. плунжером		
	толстостенный цилиндр		цилиндр втулки	толстостенный цилиндр		
Вставные штанговые: -стационарный цилиндр верхним креплением	с	RHA	RWA	RLA	-	RSA
Стационарный цилиндр нижним креплением	с	RHB	RWB	RLB	-	RSA
Плавающий цилиндр нижним креплением	с	RHT	RWT	RLT	-	RST
Трубные насосы		TH	-	TL	TR	-

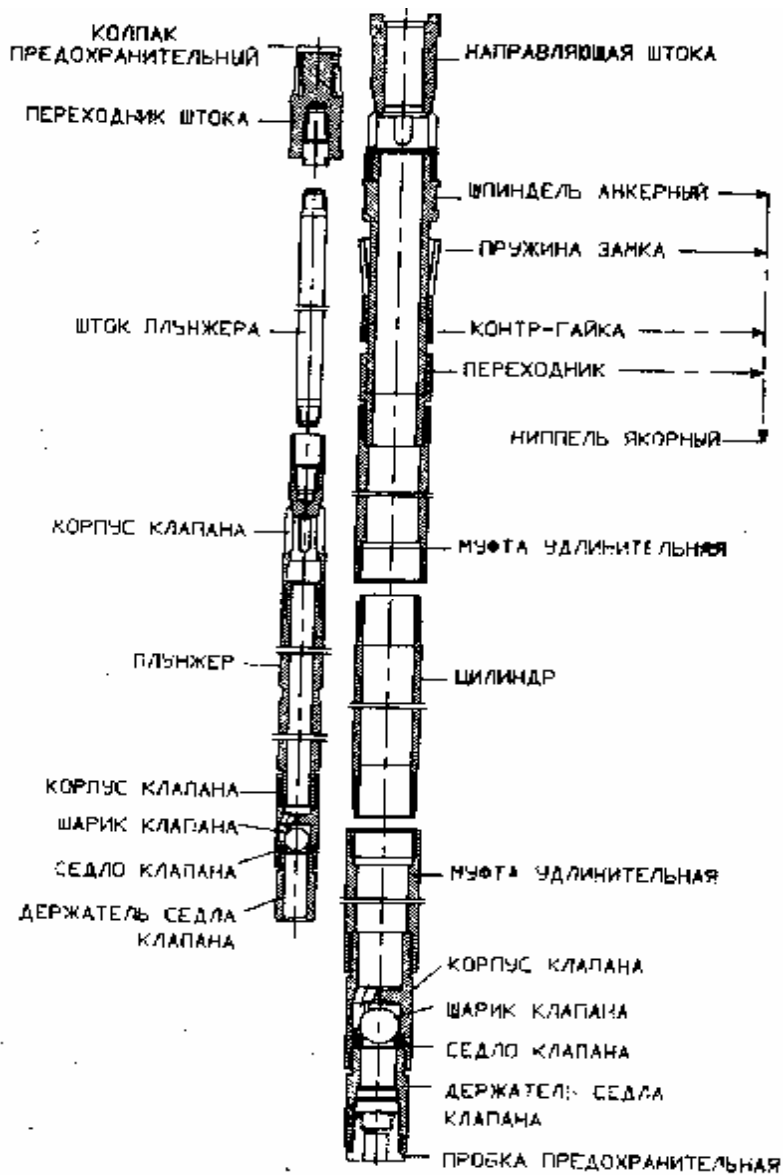


Рисунок 5.3.1 - Вставной насос с верхним креплением по API (RHAM)

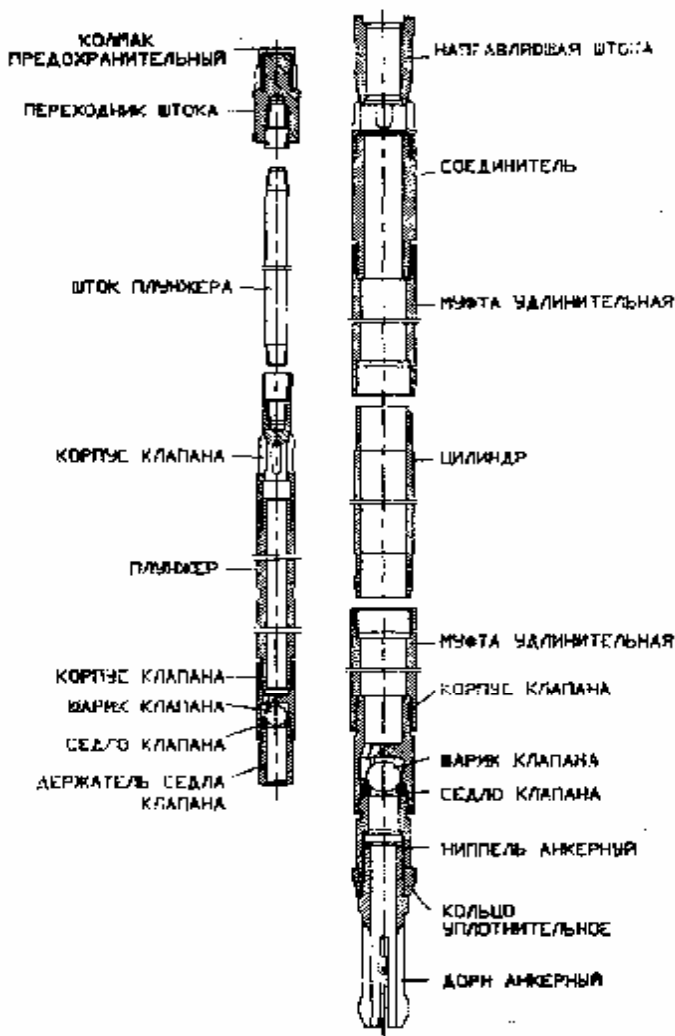


Рисунок 5.3.2 - Вставной насос с нижним креплением (RHBM)

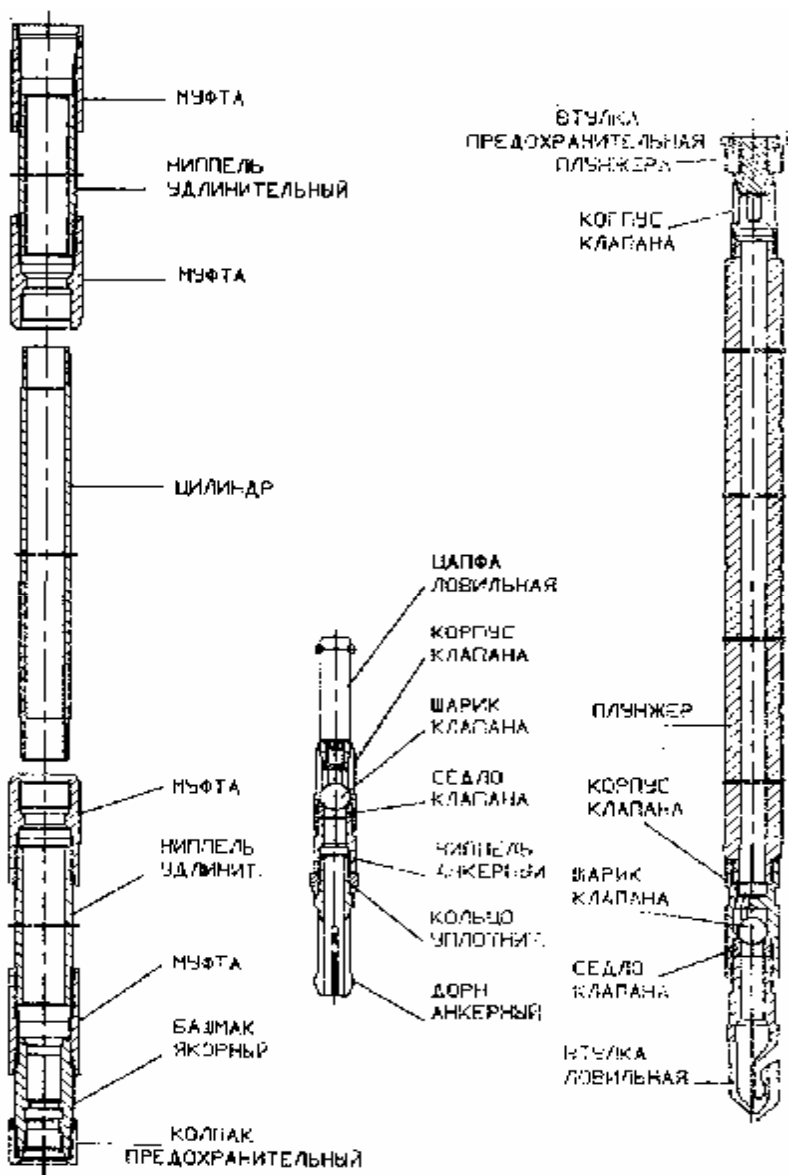


Рисунок 5.3.3 - Насос трубный (ТНМ)

## 5.4. Справочные данные для подбора насосов

Таблица 5.4.1

Таблица соответствия размеров НКТ типоразмера скважинных насосов

Тип насоса	Условный размер насоса, Д <sub>пл.</sub> , мм	Условный диаметр НКТ, мм	Толщина стенки, мм	
НСН1, НСН2, НСН2В  НСН5	28	48	4,0	
	32	48	4,0	
	43	60	5,0	
	55	73	5,5	
	68	89	6,5	
	93	114	7,0	
НСН2Т	43	73	5,5	
	55	73	5,5	
НСНД	43	48	4,0	
	55	60	5,0	
	68	73	5,5	
	93	89	6,5	
НСВ1, НСВ1В НСВ1П	НСВ2,	28	60	5,0
		32	60	5,0
		38	73	5,5
		43	73	5,5
		55	89	6,5
НСВГ	55/43	89	6,5	

Таблица 5.4.2

Зависимость коэффициента расхода клапана от числа Рейнольдса

Re	Аппроксимирующая формула для расчёта
$Re \geq 2 \cdot 10^5$	$\mu_{кл} = 0,8$
$3 \cdot 10^4 \leq Re < 2 \cdot 10^5$	$\mu_{кл} = 0,4 + 0,485(\lg Re - 4,475)$
$6 \cdot 10^2 < Re < 3 \cdot 10^4$	$\mu_{кл} = 0,4$
$40 < Re < 6 \cdot 10^2$	$\mu_{кл} = 0,22 + 0,153(\lg Re - 1,6)$
$10 \leq Re < 40$	$\mu_{кл} = 0,05 + 0,283(\lg Re - 1)$

Таблица 5.4.2

Размеры клапанов скважинных штанговых насосов

Тип насоса	Условный диаметр насоса,	Диаметр отверстия седла клапана, мм	
		обычного	с увеличенным проходным отверстием

	мм	всасывающ его	нагнетатель ного	всасывающ его	нагнетатель ного
Невставной	28	11	11	14	14
	32	14	14	18	18
	43	20	20	22,5	22,5
	55	25	25	30	30
	68	30	30	35,5	35,5
93	40	40	48	48	
Вставной	28	20	11	22,5	14
	32	20	14	22,5	18
	38	25	18	30	20
	43	25	20	30	22,5
	55	30	25	35,5	30

## 5.5. Насосные штанги

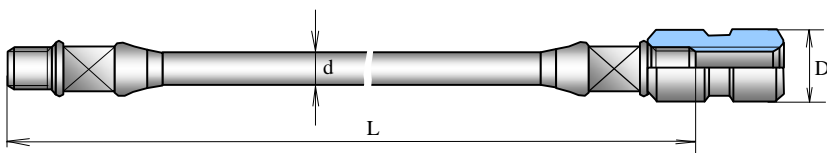


Таблица 5.5.1

### Технические характеристики штанг

Штанга	Номинальный диаметр штанги (по	Номинальный диаметр резьбы	Диаметр опорного бурта D,	Диаметр опорного бурта D <sub>1</sub> ,	Размеры квадратной части головки штанги, мм
--------	--------------------------------	----------------------------	---------------------------	---	---

	телу) $d_0$ , мм	штанги (наружный) $d$ , мм	мм	мм	$l_1$	$s$
ШН16	16	23,824	34	32	35	22
ШН19	19	26,999	38	37	35	27
ШН22	22	30,174	43	38	35	27
ШН25	25	34,936	51	46	42	32

Таблица 5.5.2

Штанга	Масса штанг (в кг) при длине $L_{шт}$ , мм					
	1000	1200	1500	2000	3000	8000
ШН16	2,07	2,39	2,86	3,65	5,23	12,93
ШН19	2,89	3,25	3,92	5,03	7,26	18,29
ШН22	3,71	4,3	5,2	6,7	9,68	24,5
ШН25	5,17	5,85	7,12	9,08	12,93	31,65

Таблица 5.5.3

Показатель	Величина показателя для штанг диаметром, мм			
	16	19	22	25
Площадь сечения, $см^2$	2,0	2,8	3,8	4,9
Вес 1 погонного метра в воздухе, Н	17,15	23,05	30,78	40,18
Диаметр штанговой муфты, мм	34	42	46	55

Таблица 5.5.4

**Средний вес одного погонного метра насосных штанг  
в воздухе в ступенчатых колоннах**

Комбинация штанг, диаметром, мм	Процент штанг в ступенчатой колонне диаметром, мм				Вес 1 погонного метра, Н
	25	22	19	16	

25+22+19	30	30	40	-	32,0
25+22	30	70	-	-	35,0
25	100	-	-	-	40,2
22+19+16	-	30	30	40	24,0
19+16	-	30	70	-	27,0
22	-	100	-	-	30,8
19+16	-	-	35	65	19,7
19	-	-	100	-	23,1
16	-	-	-	100	17,2

Таблица 5.5.5

Средние значения длины ступеней штанг (в процентах) от общей  
длины штанговой колонны

(верхние цифры отвечают верхним толстым штангам;  
нижние – тонким)

Диаметр штанги, мм	Длина ступени штанг, %, при диаметре плунжера насоса, мм								
	28	32	38	43	50	57	63	68	93
22+19+16	20	22	25	27	30	35	40	40	-
	25	26	30	33	40	45	50	50	-
	55	52	45	40	30	20	10	10	-
25+22+19	-	20	22	23	25	30	30	35	40
	-	20	23	25	30	30	35	40	50
	-	60	55	52	45	40	35	25	10
25+22	-	22	23	25	30	30	33	35	50
	-	78	77	75	70	70	67	65	50
22+19	25	25	30	30	35	40	40	45	70
	75	75	70	70	65	60	60	55	30
19+16	30	30	35	40	45	50	55	65	-
	70	70	65	60	55	50	45	35	-

Таблица 5.5.6

Область применения штанг

Сталь	Вид термической	Область применения штанг	Допускаемое
-------	-----------------	--------------------------	-------------

марки	обработки	Условия эксплуатации по коррозионности продукции скважины	Диаметр скважинных насосов (от– до), мм	приведенное напряжение в штангах, МПа, не >
40	Нормализация	Некоррозионные	28-95	70
	Нормализация с последующим поверхностным упрочнением нагревом ТВЧ		28-43	120
			55-95	100
20Н2М	Нормализация	Некоррозионные	28-95	90
	Нормализация с последующим поверхностным упрочнением нагревом ТВЧ	Коррозионные с влиянием H <sub>2</sub> S	28-43	60
		Некоррозионные без влияния H <sub>2</sub> S	55-95	130
		Коррозионные		110
20Н2М	Объемная закалка и высокий отпуск		28-95	100
			28-95	100
				70
15Н3МА	Нормализация с последующим поверхностным упрочнением нагревом ТВЧ	Некоррозионные	28-43	170
			55-95	150
		Коррозионные с влиянием H <sub>2</sub> S	28-95	120
15Х2НМФ	Закалка и высокий отпуск или нормализация и высокий отпуск	Некоррозионные	28-95	100
		Коррозионные без влияния H <sub>2</sub> S		90

### 5.6. Выбор рациональной конструкции штанговой колонны

Производят предварительный выбор конструкции одноступенчатой штанговой колонны, её проверяют на "зависание" и усталостную прочность.

Условие движения штанг вниз без "зависания" записывается в виде

$$P_{шт} \cdot b_1 \geq P_{тр}, \quad (5.6.1)$$

где  $b_1$  – коэффициент, учитывающий потерю веса штанг в жидкости.

Для определения этих параметров используются следующие зависимости:

$$P_{шт} = \sum_{i=1}^3 (q_{шт,i} \cdot l_i), \quad (5.6.2)$$

где  $q_{шт}$  – вес одного метра штанг данного диаметра в воздухе;  $l_i$  – длина ступени колонны штанг;  $i$  – номер ступени колонны штанг.

Потери на трение по А.М. Пирвердян:

$$P_{тр} = 2\pi^2 \cdot \mu_{ж} \cdot (n/60) \cdot s \cdot l_i \cdot (M_{шт} + M_{муфт}), \text{ Н/м.} \quad (5.6.3)$$

Второе условие проверки колонны штанг на усталостную прочность:

$$\sigma_{пр} \leq K'_{зап} [\sigma_{доп}], \quad (5.6.4)$$

где  $\sigma_{пр}$  – приведенное напряжение;  $[\sigma_{доп}]$  – допускаемое приведенное напряжение;  $K'_{зап}$  – расчетный коэффициент запаса.

Если вследствие большой величины сил гидродинамического трения оказывается невозможным обеспечить нормальный ход вниз без зависания, то переходят к штангам большего диаметра.

В случае невыполнения предыдущего условия преступают к расчету двухступенчатой или трехступенчатой колонны насосных штанг. Данные расчеты относительно трудоемки, поэтому ниже приведены табличные данные по определению рациональной конструкции штанговой колонны.

## 5.7. Теоретическая производительность насосов при работе станков качалок

Таблица 5.7.1

Теоретическая подача штанговых насосов (в м<sup>3</sup>/сут) при десяти двойных ходах в минуту и коэффициенте подачи  $\eta = 1$  (насосы отечественного производства)

Длина хода полированного штока, мм	Диаметр плунжера, мм							
	28	32	38	43	56	68	82	93
300	2,7	3,5	4,8	6,2	-	-	-	-
450	4,0	5,2	7,5	9,4	-	-	-	-
600	5,5	7,0	10,0	12,5	20,5	-	-	-
900	8,0	10,5	15,0	19,0	31,0	47,0	-	-
1200	11,0	14,0	20,0	25,0	41,0	63,0	90,4	-
1500	13,5	17,5	24,5	31,5	51,5	78,5	113,2	-
1800	16,0	21,0	29,5	38,0	62,0	94,5	137,0	176,0
2100	19,0	24,5	34,5	44,0	72,0	110,0	160,0	205,5
2400	21,5	28,0	39,5	50,5	82,5	125,5	182,5	235,0
2700	24,0	31,5	44,0	56,7	93,0	141,0	205,0	265,0
3000	27,0	35,0	49,0	63,0	103,0	157,0	228,5	293,5
3600	32,0	42,0	59,0	75,5	123,5	188,5	274,0	352,5
4200	-	49,0	69,0	88,0	144,0	220,0	319,5	411,0
5100	-	-	83,5	107,0	174,5	267,0	388,0	499,0
6000	-	-	98,0	125,5	205,5	314,0	456,5	587,0

Таблица 5.7.2

Теоретическая подача штанговых насосов (в м<sup>3</sup>/сут) при десяти двойных ходах в минуту и коэффициенте подачи  $\eta = 1$  (насосы по стандарту API)

Длина хода полированного штока, мм	Диаметр плунжера, мм						
	27,0	31,8	38,1	44,5	57,2	69,9	95,25
300	2,5	3,4	4,9	6,7	-	-	-
450	3,7	5,1	7,3	9,9	-	-	-
600	5,0	6,9	9,9	13,6	22,2	-	-
900	7,4	10,3	14,8	20,1	33,2	49,6	-
1200	9,9	13,7	19,7	26,8	44,3	66,2	-
1500	12,3	17,1	24,6	33,5	55,4	82,7	-
1800	14,8	20,5	29,5	40,2	66,4	99,3	184,6
2100	17,3	23,9	34,4	46,9	77,5	115,8	215,4
2400	19,7	27,3	39,4	53,6	88,6	132,4	246,1
2700	22,2	30,8	44,3	60,3	99,7	148,9	276,9
3000	24,7	34,2	49,2	67,0	110,8	165,4	307,7
3600	29,6	41,0	59,1	80,4	132,9	198,5	369,2
4200	-	47,8	68,9	93,8	155,1	231,6	430,7
5100	-	-	83,7	113,9	188,3	281,3	523,0
6000	-	-	98,4	134,0	221,5	330,9	615,3

## 5.8. Выбор типа станка – качалки (СК)

Выбор СК ведется путем сравнения расчетных величин максимальной нагрузки, крутящего момента на валу редуктора и скорости откачки рассматриваемого варианта компоновки оборудования с паспортными данными СК нормального ряда.

В начале для каждого типоразмера СК последовательно проверяется условие по максимальной нагрузкам:

$$P_{\max} < [P_{\max}], \quad (5.8.1)$$

где  $[P_{\max}]$  - допустимая нагрузка СК.

При соблюдении условий неравенства (5.8.1) для некоторых типоразмеров СК аналогичным образом проверяется условие:

$$M_{кр} \leq [M_{кр}], \quad (5.8.2)$$

где  $[M_{кр}]$  - наибольший крутящий момент на кривошипном валу редуктора.

Затем СК проверяется на минимальную и максимальную скорости откачки:

$$[s \cdot n]_{\min} \leq s \cdot n < [s \cdot n]_{\max}. \quad (5.8.3)$$

Для облегчения выбора СК можно использовать и диаграмму А.Н.Адонина. Однако следует помнить, что эта диаграмма построена с рядом допущений: колонна штанг имеет  $[\delta_{дон}] = 120 \text{ МПа}$ ;  $\eta_{нод} = 0,85$  и т.д. Поэтому данную диаграмму целесообразно использовать только для оценочных расчетов.

## 5.9. Расчет мощностей двигателя к станкам – качалкам

Потребляемая электродвигателем СК мощность затрачивается на выполнение полезной работы по подъему жидкости на поверхность и на покрытие потерь мощности и оборудовании.

Мощность, используемая на совершение полезной работы ШСНУ, определяется по формуле:

$$J_{\text{полезн.}} = Q_{\text{ж.ст.}} \cdot (P_{\text{вык}} - P_{\text{пр}}), \text{ Вт} \quad (5.9.1)$$

Потери в подземной части ШСНУ обусловлены наличием утечек в насосе, потерей напора в узлах клапанов, наличием трения штанг о трубы и жидкость, а в наземной части ШСНУ потери мощности вызваны отклонениями от норм работы СК и электродвигателя.

Потери мощности, обусловленные утечками жидкости, учитываются с помощью специального коэффициента:

$$\eta_{ум} = \frac{1}{1 + \frac{q_{ум}}{2Q_{ж.ст}}}, \quad (5.9.2)$$

где  $q_{ум}$  - утечки в зазоре плунжер - цилиндр.

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил механического трения штанг о трубы, определяется по формуле:

$$J_{тр.мех} = 2 \cdot C_{ш} \cdot S \cdot n / 60 \cdot \alpha \cdot (P_{шт} + P_{ж}), \text{ Вт} \quad (5.9.3)$$

$$\alpha = \alpha_1 \cdot \pi / 180, \text{ рад.}, \quad (5.9.4)$$

где  $\alpha_1, \alpha_1$  - максимальный (средний) угол отклонения ствола скважины от вертикальной оси, рад., град.;  $C_{ш}$  - коэффициент трения штанг о трубы.

Если скважина считается вертикальной, то в расчетах по формуле (5.9.3) принимается  $\alpha = 3^0, \alpha_1 = 0,25$ .

Затраты мощности на преодоление потерь в узлах клапанов насоса:

$$J_{кл} = Q_{ж.ст} \cdot (\Delta P_{кл.вс} + \Delta P_{кл.нагн}), \quad (5.9.5)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление гидродинамического трения штанг о жидкость, рассчитывается по формуле А. М. Пирвердяна:

$$J_{тр.г} = \pi^3 \cdot (s \cdot n)^2 \cdot \mu_{ж} \cdot H_{ст} \cdot M_{шт}, \quad (5.9.6)$$

а мощность, затрачиваемая на трение плунжера в цилиндре:

$$J_{тр.пл} = P_{тр.пл} \cdot S \cdot n / 30, \quad (5.9.7)$$

где  $P_{тр.пл}$  - сила трения плунжера о цилиндр; приближенно оценивается для безводных скважин:

$$P_{тр.пл} = 1,84 \cdot D_{пл} / \delta - 139, \quad (5.9.8)$$

а для скважин, продукция которых содержит воду:

$$P_{тр.пл} = 1,65 \cdot D_{пл} / \delta - 127, \quad (5.9.9)$$

Таким образом, потери мощности в подземной части ШСНУ ( $J_{н.ч}$ ) и к.п.д. подземной части ( $\eta_{н.ч}$ ) определяется как:

$$J_{н.ч} = J_{полезн} / \eta_{ум} + J_{кл} + J_{тр.мех} + J_{тр.г} + J_{тр.пл}, \quad (5.9.10)$$

$$\eta_{н.ч} = J_{полезн} / J_{н.ч} \quad (5.9.11)$$

Потери в наземном оборудовании ШСНУ учитываются приближенно. По рекомендации ВНИИнефть принимается, что к.п.д.

СК  $\eta_{ск} = 0,85$ , а к.п.д. электродвигателя  $\eta_{дв} = 0,8$ . Тогда общий к.п.д. ШСНУ определится как:

$$\eta_{шсн\text{у}} = \eta_{ск} \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{п.ч}, \quad (5.9.12)$$

а полная мощность, затрачиваемая на подъем жидкости:

$$J_{полн} = \frac{J_{полезн.}}{\eta_{шсн\text{у}}}, \text{ Вт} \quad (5.9.13)$$

И, наконец, суточный расход электроэнергии будет равен:

$$W_{сут} = 24 \cdot 10^{-3} \cdot J_{полн}, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (5.9.14)$$

Таблица 5.9.1

Технические характеристики электродвигателей станков-качалок

Тип двигателя	Номинальная мощность, кВт	Для условий номинальной нагрузки	
		КПД, %	$\cos \varphi$ , доли ед.
АОП-41-4	1,7	81,0	0,82
АО2-22-4	2,2	82,5	0,83
АОП-42-4	2,8	83,0	0,84
АО2-31-4	3,0	83,5	0,84
АОП-51-4	4,5	84,5	0,85
АОП2-41-4	4,0	85,0	0,81
АОП2-42-4	5,5	87,0	0,82
АОП-52-4	7,0	86,0	0,86
АОП2-51-4	7,5	88,0	0,83
АОП-62-4	10,0	86,5	0,87
АОП2-52-4	10,0	88,0	0,83
АОП-63-4	14,0	87,5	0,87
АОП2-61-4	13,0	88,0	0,84
АОП-72-4	20,0	88,0	0,87
АОП-71-4	22,0	89,5	0,85
АОП-73-4	28,0	89,0	0,87
АОП2-72-4	30,0	90,0	0,85
АОП-84-4	40,0	90,0	0,88
АОП2-81-4	46,0	91,0	0,89
АОП2-82-4	55,0	92,0	0,89

После окончания расчетов выбирается ближайший более мощный электродвигатель, обеспечивающий требуемую (с коэффициентом запаса 1,3) мощность.