

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования «Югорский государственный университет»**  
**СУРГУТСКИЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИКУМ**  
**(филиал) федерального государственного бюджетного образовательного**  
**учреждения высшего образования «Югорский государственный университет»**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

### **по выполнению практических работ**

по ПМ.02 Обслуживание и эксплуатация бурового оборудования  
для специальности среднего профессионального образования  
21.02.02 Бурение нефтяных и газовых скважин (базовой подготовки)

**Тема 1.3 Буровое оборудование**

Сургут  
2019

Программа профессионального модуля **ПМ.02 Обслуживание и эксплуатация бурового оборудования** – является частью программы подготовки специалистов среднего звена по специальности СПО в соответствии с ФГОС по специальности СПО **21.02.02 Бурение нефтяных и газовых скважин** (базовой подготовки) в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВПД): **Обслуживание и эксплуатация бурового оборудования** и соответствующих профессиональных компетенций (ПК):

1. Производить выбор бурового оборудования в соответствии с геолого-техническими условиями проводки скважин.
2. Производить техническое обслуживание бурового оборудования, готовить буровое оборудование к транспортировке.
3. Проводить проверку работы контрольно-измерительных приборов, автоматов, предохранительных устройств, противовыбросового оборудования.
4. Осуществлять оперативный контроль за техническим состоянием наземного и подземного бурового оборудования.
5. Оформлять технологическую и техническую документацию по обслуживанию и эксплуатации бурового оборудования.

### **Требования к результатам освоения профессионального модуля:**

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

#### **иметь практический опыт:**

- выбора бурового оборудования в соответствии с геолого-техническими условиями проводки скважин;
- проверки работы контрольно-измерительных приборов, автоматов, предохранительных устройств, противовыбросового оборудования;
- оформления технологической и технической документации по обслуживанию и эксплуатации бурового оборудования;
- контроля рациональной эксплуатации оборудования;
- подготовки бурового оборудования к транспортировке;
- контроля технического состояния наземного и подземного бурового оборудования;

#### **уметь:**

- определять физические свойства жидкости;
- выполнять гидравлические расчеты трубопроводов;
- выбирать инструмент и механизмы для проведения спускоподъемных операций;
- проводить технико-экономическое сравнение вариантов технологического процесса;
- осуществлять подбор и обслуживание оборудования и инструмента, используемых при строительстве скважин, обеспечивать надежность его работы;
- проводить профилактический осмотр оборудования;
- создавать условия для охраны недр и окружающей среды при монтаже и эксплуатации бурового оборудования;

#### **знать:**

- основные физические свойства жидкости;
- общие законы и уравнения гидростатики и гидродинамики,
- методы расчета гидравлических сопротивлений движущейся жидкости;
- методы и правила монтажа, принцип работы и эксплуатации бурового оборудования и инструмента;

- все виды осложнений и аварий бурового оборудования и меры их предотвращения;
- системы управления буровыми установками.
- оборудование для приготовления и очистки буровых растворов, для цементирования скважин, противовыбросовое;
- методы и средства выполнения технических расчетов;
- показатели надежности бурового оборудования

### **Информационное обеспечение обучения**

#### **Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

1. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. Том 5. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. — 322 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64518>.
2. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. Том 2. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. — 484 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64515>.
3. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. Том 3. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. — 418 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64516>.
4. Носов, В.В. Диагностика машин и оборудования. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 376 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/71757> — Загл. с экрана.
5. Основы технической диагностики: Учебное пособие/Поляков В. А. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 118 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Обложка) ISBN 978-5-16-005711-8, <http://znanium.com/bookread2.php?book=519919#>
6. Чекардовский, С.М. Диагностика и устранение вибрации оборудования нефтегазовых объектов. [Электронный ресурс] / С.М. Чекардовский, А.А. Разбойников, М.Н. Чекардовский. — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. — 108 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64521>.
7. Практикум по экологии нефтедобывающего комплекса: Учебное пособие / Шишмина Л.В., Ельчанинова Е.А., - 2-е изд. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 144 с., <http://znanium.com/bookread2.php?book=701941#>

#### Отечественные журналы:

«Бурение и нефть», «Нефтяное хозяйство», «Нефть и газ», «Нефть и капитал»

## Практическая работа 1

### Определение вертикальных нагрузок на буровую вышку. Выбор буровой установки

**Цель работы:** Научиться определять нагрузки на вышку и выбирать буровую установку в зависимости от конкретных условий бурения.

Существует 3 вида нагрузок действующих на вышку:

*Постоянные нагрузки* – действуют от веса вышки и веса оборудования, установленного на ней.

*Эксплуатационные нагрузки* – это переменные нагрузки, которые возникают в процессе бурения скважины.

*Ветровые нагрузки* – это переменные нагрузки, зависящие от скорости ветра.

Все перечисленные нагрузки создают вертикальные и горизонтальные усилия.

**Вертикальные усилия** создаются нагрузкой на крюк, весом самой вышки и оборудования установленного на вышке, а также натяжением подвижного и неподвижного концов талевого каната.

**Горизонтальные усилия** создаются горизонтальными составляющими от подвижного и неподвижного концов талевого каната и наклонно установленных за пальцем магазина свечей, а также от действия ветра.

#### Исходные данные:

- Глубина спуска кондуктора  $245 \times 12$  Нк = 450м.
- Эксплуатационная колонна спускается на проектную глубину бурения.
- Для бурения применяется турбобур ЗТСШ – 195ТЛ, вес турбобура  $Q_{\text{турб}} = 43 \text{ кН}$ , длина турбобура  $l_{\text{турб}} = 26 \text{ м}$ ,
- Длина УБТ  $l_{\text{убт}} = 25 \text{ м}$ , длина ТБПВ  $l_{\text{тбпв}} = 450 \text{ м}$ , длина квадрата  $14,5 \text{ м}$ , остальное ЛБТ.
- Вес подвижного оборудования  $Q_{\text{т.с}} = 60 \text{ кН}$ ,
- Вес кронблока  $Q_{\text{к.б}} = 20 \text{ кН}$ ,

Глубина бурения, размеры бурильных и обсадных труб, оснастку талевой системы, размеры квадрата, удельный вес промывочной жидкости, диаметр УБТ взять из таблицы 1 согласно своего варианта.

#### Порядок выполнения работы

1. Определить вес бурильной колонны

$$Q_{\text{б.к.}} = Q_{\text{турб}} + Q_{\text{убт}} + Q_{\text{тбпв}} + Q_{\text{лбт}} + Q_{\text{кв}}$$

$$Q_{\text{убт}} = q_1 l_{\text{убт}} = \dots = \dots \text{ кН}$$

где  $q_1 = \dots \text{ Н/м}$  (2, стр. 59, табл. 28) – вес 1м УБТ

$$Q_{\text{тбпв}} = q_2 l_{\text{тбпв}} = \dots = \dots \text{ кН}$$

где  $q_2 = \dots \text{ Н/м}$  (2, стр. 55, табл. 24) – приведенный вес 1м ТБПВ

$$Q_{\text{кв}} = q_3 l_{\text{кв}} = \dots = \dots \text{ кН}$$

где  $q_3 = \dots \text{ Н/м}$  (2, стр. 131, табл. 63) – приведенный вес 1м квадрата

$$Q_{\text{лбт}} = q_4 l_{\text{лбт}} = \dots = \dots \text{ кН}$$

где  $q_4 = \dots \text{ Н/м}$  (2, стр. 85, табл. 43) – приведенный вес 1м ЛБТ

$$l_{\text{лбт}} = H - (l_{\text{турб}} + l_{\text{убт}} + l_{\text{тбпв}} + l_{\text{кв}}) = \dots \text{ м}$$

2. Определить вес кондуктора

$$Q_{\text{к}} = q_5 H_{\text{к}} = \dots = \dots \text{ кН}$$

где  $q_5 = \dots \text{ Н/м}$  (2, стр. 198, табл. 95) – приведенный вес 1м кондуктора

3. Определить вес эксплуатационной колонны

$$Q_{э.к.} = q_6 H = \dots = \dots \text{ кН}$$

где  $q_6 = \dots \text{ Н/м}$  (2, стр. 197, табл. 95) – приведенный вес 1м колонны

4. Определить нагрузку на крюке от веса наиболее тяжелой колонны с учетом динамических нагрузок и погружения в жидкость.

$$Q_{кр} = 1,25Q \left( 1 - \frac{\gamma_{жс}}{\gamma_{м}} \right), \text{ кН}$$

где  $\gamma_{м} = 7,85 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3$  – удельный вес материала труб

5. Определить усилие в ходовом конце талевого каната

$$P_{х.к} = \frac{Q_{кр} + Q_{т.с}}{2n \cdot \eta_{т.с}}, \text{ кН}$$

при оснастке 4×5  $\eta_{тс} = 0,874$ ;

при оснастке 5×6  $\eta_{тс} = 0,849$

$2n$  – количество рабочих струн талевого системы.

$n$  – число шкивов талевого блока, задействованных в оснастке

6. Определить усилие в неподвижном конце талевого каната

$$P_{н.к} = \frac{Q_{кр} + Q_{т.с}}{2n} \eta_{т.с}, \text{ кН}$$

7. Определить вертикальную нагрузку на буровую вышку

$$Q_{верт} = Q_{кр} + P_{х.к} + P_{н.к} + Q_{к.б}, \text{ кН}$$

### Выбор буровой установки

1. Согласно заданной глубины бурения выбираем класс буровой установки (ГОСТ 16293-89).

2. Определяем предельный вес бурильной колонны для выбранного класса буровой установки.

$$Q_{пред} = (\text{условная глубина бурения выбранного класса БУ} + 10\% \text{ от условной глубины}) \times q$$

где  $q = 300 \text{ Н/м}$  – вес 1м бурильной колонны

3. Определяем максимальную нагрузку на крюке от веса бурильной колонны с учетом расхаживания

$$Q'_{кр} = 1,25 \cdot Q_{б.к}$$

4. Определяем нагрузку на крюке от веса наиболее тяжелой обсадной колонны с учетом расхаживания

$$Q''_{кр} = 1,15 \cdot Q_{э.к}$$

5. Так как  $Q'_{кр} < Q_{пред}$ ,  $Q''_{кр} < Q_{max}$ , то класс БУ выбран правильно.

Указание: Если условия  $Q'_{кр} < Q_{пред}$ ;  $Q''_{кр} < Q_{max}$  не выполняются, то необходимо принять БУ более высокого класса.

6. Учитывая рекомендации по выбору буровых установок и конкретные условия бурения принимаем буровую установку .....

Таблица 1

№ вар	Размеры бурильных труб, мм		Размеры обсадных труб, мм	Оснастка талевой системы	Сторона квадрата (ведущей трубы), мм	Глубина скважины, м	Удельный вес промывочной жидкости, *10 <sup>4</sup> Н/м <sup>3</sup>	Диаметр УБТ, мм
	ТБПВ	ЛБТ						
1	146×9	147×11	168×9	5×6	155	3100	1,18	178
2	146×9	147×11	168×9	5×6	155	3080	1,18	178
3	146×9	147×11	168×9	5×6	155	3060	1,18	178
4	146×9	147×11	168×9	5×6	155	3070	1,18	178
5	146×9	147×11	168×9	5×6	155	3050	1,18	178
6	146×9	147×11	168×9	5×6	155	3030	1,18	178
7	146×9	147×11	168×9	5×6	155	3000	1,18	178
8	146×9	147×11	168×9	4×5	155	2900	1,18	178
9	146×9	147×11	168×9	4×5	155	2980	1,18	178
10	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2970	1,18	178
11	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2960	1,19	178
12	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2950	1,19	178
13	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2940	1,19	178
14	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2920	1,19	178
15	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2900	1,19	178
16	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2870	1,19	178
17	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2880	1,19	178
18	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2850	1,19	178
19	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2820	1,19	178
20	146×10	147×11	168×9	5×6	155	3050	1,19	178
21	146×10	147×11	168×9	5×6	155	3060	1,19	178
22	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2970	1,20	178
23	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2950	1,20	178
24	127×9	147×11	146×9	4×5	140	2940	1,20	178
25	146×10	147×11	168×9	5×6	155	3080	1,20	178
26	146×8	147×11	168×9	5×6	155	3090	1,20	178
27	146×10	147×11	168×9	5×6	155	3100	1,20	178
28	146×8	147×11	168×9	5×6	155	3010	1,20	178
29	146×10	147×11	168×9	5×6	155	3070	1,20	178
30	146×8	147×11	168×9	5×6	155	3080	1,20	178
31	146×9	147×11	168×9	4×5	155	2940	1,20	178
32	146×10	147×11	168×9	4×5	155	2980	1,20	178

## Практическая работа 2

### Расчет оттяжек для закрепления буровой вышки

**Цель работы:** Научиться определять усилия в оттяжках и выбирать канат.

#### Исходные данные:

Вышка высотой  $H = 40,5$  м и весом  $Q_b = 182,75$  кН подвергается действию ветровой нагрузки.

размер нижнего основания вышки по осям ног  $a = 7,2$  м,

размер верхнего основания вышки по осям ног  $b = 1,63$  м,

расстояние от вышки до якоря оттяжки  $c = 30$  м

Для предотвращения опрокидывания вышка укреплена двумя ярусами оттяжек (по 4 оттяжки в ярусе).

Ветровую нагрузку на вышку  $P_{ветр}$ , горизонтальную составляющую от веса свечей, установленных на палец  $P_g$ , горизонтальную нагрузку на палец от ветровой нагрузки на свечи  $P_{св}$ , взять из таблицы 3 согласно своего варианта.

#### Порядок выполнения работы.

1. Определить ординату приложения ветровой нагрузки на вышку.

$$h_o = \frac{1}{3} H \frac{a + 2b}{a + b}, \text{ м}$$

где  $H$  – высота вышки, м

2. Определить общую горизонтальную нагрузку на палец.

$$P = P_{св} + P_g, \text{ кН}$$

3. Определить усилие в оттяжке.

$$S = \frac{(P_{ветр} \cdot h_o + P \cdot h)K - Q_b \frac{a}{2}}{2(a + c)}, \text{ кН}$$

где  $h = 22,5$  м – высота расположения балкона верхового

$K = 1,5$  – коэффициент устойчивости.

4. Определить разрывное усилие каната

$$P_{разр} = S[K], \text{ кН}$$

принять  $[K] = 3,5$

5. Выбрать канат из таблицы 2 (2, стр. 185, табл. 34)

6. Выписать данные каната

$$P_{разр} = \quad \text{кН}$$

$$F_k = \quad \text{мм}^2$$

$$d_k = \quad \text{мм}$$

$$\delta = \quad \text{мм}$$

$$\sigma_b = \quad \text{МПа}$$

**Таблица 2 - Характеристика стальных канатов, применяемых для оттяжек**

Диаметр, мм		Площадь сечения всех проволок, мм <sup>2</sup>	Вес 100 м каната, кг	Разрывное усилие каната в целом, кН	
каната	Проволоки 1-го слоя			$\sigma_B=1600$ МПа	$\sigma_B=1700$ МПа
<b>КАНАТЫ ТИПА ЛК-О 6×19=114 ГОСТ3077-82</b>					
20	0,85	152,78	142,4	207,0	220,5
21,5	0,9	172,16	160,5	233,0	248,5
22,5	1,0	198,39	184,9	269,0	286,5
25,0	1,1	243,67	227,2	331,0	351,5
27,5	1,2	293,34	273,5	398,5	423,5
30,0	1,3	347,60	324,1	472,5	501,5
32,5	1,4	406,80	379,2	552,5	587,5
35,0	1,5	469,56	437,7	638,0	678,5
37,5	1,6	538,56	502,1	732,0	778,0
<b>КАНАТЫ ТИПА ЛК-О 6×25=150 ГОСТ7667-82</b>					
19,5	1,3	179,99	160,5	244,0	259,5
21,0	1,4	208,78	186,2	283,5	301,0
22,5	1,5	238,61	212,8	324,0	344,5
24,0	1,6	272,25	242,8	370,0	393,0
25,5	1,7	307,38	274,1	417,5	444,0
27,0	1,8	343,63	306,5	467,0	496,0
30,0	2,0	422,62	376,9	574,5	610,0
33,0	2,2	508,98	453,9	691,5	735,0
36,0	2,4	605,62	540,3	823,5	874,5
39,0	2,6	714,45	637,2	971,5	1030,0

**Таблица 3**

вариант	$P_{встр}, МН$	$P_{г}, МН$	$P_{св}, МН$	вариант	$P_{встр}, МН$	$P_{г}, МН$	$P_{св}, МН$
<b>1</b>	0,170	0,033	0,0181	<b>16</b>	0,185	0,0180	0,0196
<b>2</b>	0,171	0,032	0,0182	<b>17</b>	0,186	0,0170	0,0197
<b>3</b>	0,172	0,031	0,0183	<b>18</b>	0,187	0,0160	0,0198
<b>4</b>	0,173	0,030	0,0184	<b>19</b>	0,188	0,0195	0,0199
<b>5</b>	0,174	0,029	0,0185	<b>20</b>	0,189	0,0194	0,0200
<b>6</b>	0,175	0,028	0,0186	<b>21</b>	0,190	0,0193	0,0210
<b>7</b>	0,176	0,027	0,0187	<b>22</b>	0,191	0,0192	0,0220
<b>8</b>	0,177	0,026	0,0188	<b>23</b>	0,192	0,0191	0,0230
<b>9</b>	0,178	0,025	0,0189	<b>24</b>	0,193	0,0189	0,0240
<b>10</b>	0,179	0,024	0,0190	<b>25</b>	0,194	0,0188	0,0250
<b>11</b>	0,180	0,023	0,0191	<b>26</b>	0,195	0,0187	0,0260
<b>12</b>	0,181	0,022	0,0192	<b>27</b>	0,196	0,0186	0,0270
<b>13</b>	0,182	0,021	0,0193	<b>28</b>	0,197	0,0185	0,0280
<b>14</b>	0,183	0,020	0,0194	<b>29</b>	0,198	0,0184	0,0290
<b>15</b>	0,184	0,0190	0,0195	<b>30</b>	0,199	0,0183	0,0300



## Практическая работа 3

### Расчет ноги вышки на прочность

**Цель работы:** Научиться выполнять проверочный расчет вышки на устойчивость.

**Исходные данные:**

- Нагрузка на крюке от веса наиболее тяжелой колонны (взять из практического занятия №1),
- собственный вес вышки  $G_B = 300$  кН,
- высота вышки  $H = 45$  м.
- Остальные данные взять из таблицы 4 согласно своего варианта.

Таблица 4

вариант	$c, м$	$t, м$	$D, мм$	$\delta, мм$	$K, м$	$\sigma_{шт}, МПа$	$a, МПа$	$e, МПа$	$l, м$
1	10	2,5	168	9	1,25	200	310	11,4	9
2	9	2,2	168	10	1,1	240	350	11,5	10
3	8	2	140	9	1,0	220	328	11,1	12
4	10	2,5	140	8	1,1	200	328	11,4	10
5	9	2,2	140	8	1,0	200	310	11,4	9
6	8	2	168	9	1,0	240	350	11,5	10
7	10	2,2	168	9	1,1	220	328	11,1	12
8	9	2	168	10	1,25	240	350	11,5	9
9	8	2,5	140	8	1,25	220	328	11,1	10
10	10	2,2	140	9	1,1	200	310	11,4	12
11	9	2,5	140	9	1,0	200	310	11,4	12
12	8	2	140	8	1,0	220	328	11,1	10
13	10	2,2	168	9	1,25	240	350	11,5	9
14	9	2	168	10	1,1	220	328	11,4	9
15	8	2,5	140	8	1,2	200	310	11,4	10
16	10	2,5	168	10	1,2	240	350	11,5	12
17	9	2,2	168	9	1,25	200	310	11,4	9
18	8	2	140	9	1,1	220	328	11,1	10
19	10	2,2	140	8	1,0	240	350	11,5	12
20	9	2,2	168	10	1,0	200	310	11,4	9
21	8	2,5	168	9	1,1	200	310	11,4	10
22	10	2,2	168	10	1,25	220	328	11,1	12
23	9	2	140	9	1,1	240	350	11,5	12
24	8	2,5	140	8	1,2	240	350	11,5	9
25	10	2,2	168	9	1,25	220	328	11,1	10
26	9	2	168	9	1,25	200	310	11,4	12
27	8	2,5	140	9	1,2	220	328	11,1	9
28	10	2	140	8	1,25	200	310	11,4	10
29	9	2,2	168	10	1,1	240	350	11,5	12
30	8	2,5	168	9	1,1	200	310	11,4	9

## Порядок выполнения:

1. Определяем вертикальную нагрузку на вышку.  $Q_{\text{верт}} = Q_{\text{кр}} + P_{\text{х.к}} + P_{\text{н.к}} + Q_{\text{к.б}} + G_{\text{выш}}$

2. Определяем нагрузку на ногу вышки  $P_n = \frac{Q_{\text{в}}}{2 \cos \alpha}$

где  $\alpha$  - угол наклона ноги к вертикали, град.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{c - m}{2H}$$

где  $c$  и  $m$  соответственно размеры нижнего и верхнего оснований вышки.

3. Определяем радиус инерции сечения ноги  $\rho = \sqrt{\frac{J}{4F}}, \text{ мм}$

где  $J$  – момент инерции сечения,  $\text{мм}^4$ ;

$F$  – площадь сечения стержня,  $\text{мм}^2$

$$J = 4(J_{x_1} + F \cdot K^2)$$

$$J_{x_1} = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4), \text{ мм}^4$$

$$F = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2), \text{ мм}^2$$

где  $D$  – наружный диаметр трубы, мм

$d$  – внутренний диаметр трубы, мм

$$d = D - 2\delta$$

где  $\delta$  - толщина стенки трубы, мм

4. Определяем гибкость ноги вышки  $\lambda = \frac{\mu \cdot l}{\rho}$

где  $\mu = 1$  – коэффициент приведения длины

$l$  – длина одной секции ноги, м

5. Определяем предельную гибкость  $\lambda_{\text{пред}} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\text{пц}}}}$

где  $E = 2,1 \times 10^5$  МПа – модуль упругости материала

$\sigma_{\text{пц}}$  – предел пропорциональности, МПа

6. Если  $\lambda \geq \lambda_{\text{пред}}$ , то критическую силу определяем по формуле Эйлера  $P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2}, \text{ Н}$

если  $\lambda < \lambda_{\text{пред}}$ , то критическую силу определяем по эмпирической формуле  $P_{\text{кр}} = (a - v\lambda)4F, \text{ Н}$

где  $a, v$  коэффициенты, зависящие от материала, МПа

7. Определяем коэффициент запаса устойчивости  $\Pi_y = \frac{P_{\text{кр}}}{P_n}$

8. Делаем вывод о прочности ноги вышки. Если  $\Pi_y \geq [\Pi_y]$  – прочность соблюдается. Где  $[\Pi_y] = 1,8 \div 3,0$  – требуемый коэффициент запаса устойчивости.

## Практическая работа 4

### Выбор и проверочный расчет талевого каната

**Цель работы:** Научиться производить выбор талевого каната и выполнять его проверочный расчет

**Дополнительные указания:**

Максимальную нагрузку на крюке от веса наиболее тяжелой колонны с учетом динамических нагрузок взять из практического занятия №1.

Тип оснастки талевой системы взять из практического занятия №1, диаметр бочки барабана лебедки из таблицы 5.

Таблица 5

вариант	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Д <sub>б</sub> , мм	650	650	750	650	750	800	800	600	700	700	650	650	750	650	750
вариант	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
Д <sub>б</sub> , мм	800	800	600	700	700	650	650	750	650	750	800	800	600	700	700

**Порядок выполнения.**

1. Определить коэффициент полезного действия талевой системы.

$$\eta_{т.с} = \frac{\beta^{2n} - 1}{2n \cdot \beta^{2n} \cdot (\beta - 1)}, \quad \text{где } \beta = 1,03 \text{ - коэффициент сопротивления шкива.}$$

2. Определить натяжение ходового конца талевого каната  $P_{х.к} = \frac{Q_{кр} + Q_{т.с}}{2n \cdot \eta_{т.с}}$

3. Определить разрывное усилие каната

$P_{разр} = P_{х.к} [К]$ , приняв  $[К] = 3,5$  и по таблице 5 выбрать талевый канат.

Выписать необходимые данные каната

$P_{разр} =$  кН,  $d_k =$  мм,  $F_k =$  мм<sup>2</sup>,  $\delta =$  мм (3-го слоя)  
 $\sigma_b =$  МПа

4. Определить суммарное напряжение в канате

$$\sigma_{сум} = \frac{P_{х.к}}{F_k} + \frac{3}{8} E_k \cdot \frac{\delta}{D_b}, \text{ МПа}$$

принять модуль упругости каната  $E_k = 1 \cdot 10^5$  МПа

5. Определить фактический коэффициент запаса прочности каната

$$K = \frac{\sigma_b}{\sigma_{сум}}, \quad [К] = 3 \div 5$$

6. Сделать вывод о соответствии требованиям выбранного каната.

**Таблица 6 - Характеристики талевых канатов  
ЛК-РО 6×1+6+(6+6)+12=186 (ГОСТ 16853-79)**

Диаметр каната, $d_k$ мм	Площадь сечения, $F_k$ $мм^2$	Удельная масса, кг/м	Разрывное усилие каната в целом $R_{разр}$ в кН при временном сопротивлении проволоки, МПа		Диаметр проволоки внешнего слоя, $\delta$ мм
			$\sigma_B = 1766$	$\sigma_B = 1960$	
22	204	1,9	320	355	1
25	300,6	2,66	460	510	1,6
28	370,3	3,38	520	578	1,8
32	464,99	4,25	711	789	2
35	564,23	5,05	863	958	2,2
38	671,6	5,98	1027	1140	2,4
41,3	712	6,6	1120	1240	2,6
44,5	-	8,2	1200	1350	2,8

## Практическая работа 5

### Выбор оснастки талевой системы

#### Исходные данные:

- тип выбранного каната (из практического занятия №4),
- $Q_{кр}$  - нагрузка на крюке от веса буровой колонны с учетом расхаживания (из практического занятия №1).

#### Порядок выполнения.

1. Определяем число возможных рабочих струн талевой системы.

$$n = \frac{Q_{кр} [K]}{R_{разр}}$$

где  $[K] = 5,0$  – коэффициент запаса прочности

$R_p$  – разрывное усилие выбранного каната (из практического занятия №4)

2. По полученному значению выбираем тип оснастки

**Дополнительные указания:** При выборе типа оснастки значение « $n$ » округлить до ближайшего целого парного числа.

**Пример:** при расчете  $n = 7,2$  принимаем  $n = 8$ , следовательно, оснастка талевой системы 4×5. При выборе оснастки необходимо руководствоваться также данными ГОСТа 16293-82, согласно которых максимальная скорость подъема бурового крюка составляет  $v_{кр} \leq 2$  м/с. При уменьшении оснастки  $v_{кр}$  возрастает, что снижает срок службы талевого каната.

## Практическая работа 6

### Определение мощности привода лебедки

**Цель работы:** Научиться определять мощность привода буровой лебедки и делать выводы по полученным результатам

#### Исходные данные:

- коэффициент полезного действия механических передач  $\eta_{мп}=0,95$
- скорость крюка  $v = 0,3$  м/с

#### Дополнительные указания:

Максимальную нагрузку на крюке от веса наиболее тяжелой колонны с учетом динамических нагрузок, тип оснастки талевой системы взять из таблицы 7.

Таблица 7

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
оснастка	4×5	4×5	4×5	4×5	5×6	5×6	5×6	6×7	6×7	6×7
Нагрузка на крюке, кН	700	750	800	850	900	950	1000	1300	1400	1500

### Порядок выполнения

1 Определить коэффициент полезного действия талевой системы.

$$\eta_{м.с} = \frac{\beta^{2n} - 1}{2n \cdot \beta^{2n} \cdot (\beta - 1)}, \quad \text{где } \beta = 1,03\text{-коэффициент сопротивления шкива.}$$

2 Определить натяжение ходового конца талевых канатов

$$P_{х.к} = \frac{Q_{кр} + Q_{м.с}}{2n \cdot \eta_{м.с}}$$

3 Определить мощность привода буровой лебедки

$$N_{дв} = \frac{Q_{кр} \times v_{кр}}{\eta_{м.с} \times \eta_{мп}}$$

4 По полученной мощности выбрать буровую лебедку, выписать ее технические характеристики

## Практическая работа 7

### Кинематический расчет буровой лебедки

#### Исходные данные:

- Кинематическая схема буровой установки
- Тип БУ взять из таблицы 8 согласно своего варианта.

Таблица 8

вариант	Тип буровой установки	вариант	Тип буровой установки
1	Уралмаш – 3000 ЭУК	16	Уралмаш 4Э – 76
2	Уралмаш – 3000 БД	17	Уралмаш 3Д – 76
3	Уралмаш – 3000 Э	18	БУ – 2000 (БУ – 75Бр)
4	Уралмаш – 3000 БЭ	19	БУ – 2500 (БУ – 80БрД)
5	Уралмаш – 4000 ДГУ	20	БУ – 2500 ЭУ
6	Уралмаш 4Э – 76	21	Уралмаш – 3000 ЭУК
7	Уралмаш 3Д – 76	22	Уралмаш – 3000 БД
8	БУ – 2000 (БУ – 75Бр)	23	Уралмаш – 3000 Э
9	БУ – 2500 (БУ – 80БрД)	24	Уралмаш – 3000 БЭ
10	БУ – 2500 ЭУ	25	Уралмаш – 4000 ДГУ
11	Уралмаш – 3000 ЭУК	26	Уралмаш 4Э – 76
12	Уралмаш – 3000 БД	27	Уралмаш 3Д – 76
13	Уралмаш – 3000 Э	28	БУ – 2000 (БУ – 75 Бр)
14	Уралмаш – 3000 БЭ	29	БУ – 2500 (БУ - 80 БрД)
15	Уралмаш – 4000 ДГУ	30	БУ – 2500 ЭУ

#### Порядок выполнения

1. Сделать анализ кинематической схемы, при котором:
  - Определить расположение главного привода буровой лебедки;
  - Определить, через которые кинематические цепи (передачи) возможна передача вращения с главного привода на барабан;
  - Определить общее количество скоростей вращения барабана.
2. Определить частоты вращения барабана на всех передаваемых скоростях в порядке возрастания.
3. Построить график скоростей в произвольно выбранном масштабе на миллиметровой бумаге.

**Указание:** Пример расчета рассмотрен для буровой лебедки ЛБУ-1200К буровой установки «Уралмаш-3000ЭУК».

**Пример:** Выполнить кинематический расчет буровой лебедки ЛБУ-1200К буровой установки «Уралмаш-3000ЭУК».

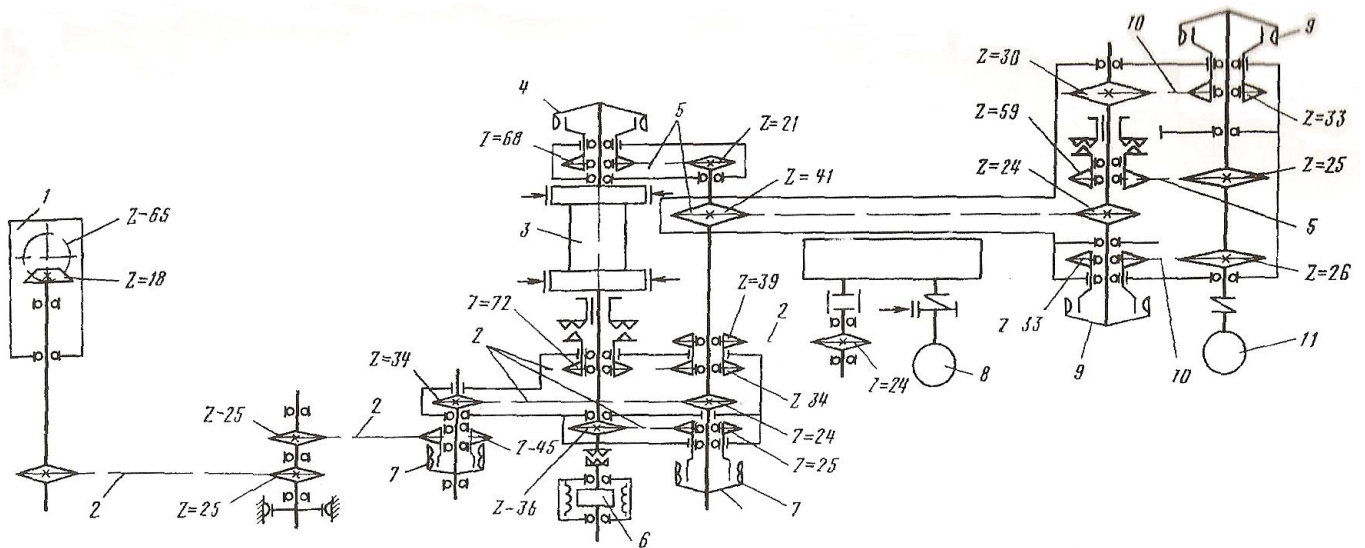


Рисунок 1 – Кинематическая схема привода лебедки и ротора БУ-3000ЭУК

1-ротор; 2,5,10-соответственно двухрядная, трехрядная и четырехрядная роlikовтучлочные цепи  $t=50,8$ ; 3- лебедка; 4,7,9- шинно-пневматические муфты диаметрами 1070, 500 и 700мм; 8- регулятор подачи долота РПД; 11- электродвигатель привода лебедки

Главным приводом буровой лебедки является электродвигатель АКБ-13-62-8N = 500 кВт,  $n = 740$  об/мин. Мощность двигателя на лебедку передается через коробку переменных передач КПЦ-700. В коробке имеется три пары цепных передач, посредством которых можно получить три скорости вращения ведомого вала.

$$1\text{-я скорость} - \text{передача } \frac{z = 25}{z = 59}$$

$$2\text{-я скорость} - \text{передача } \frac{z = 26}{z = 33}$$

$$3\text{-я скорость} - \text{передача } \frac{z = 33}{z = 30}$$

С коробки на трансмиссионный вал лебедки мощность передается посредством цепной передачи  $\frac{z = 24}{z = 41}$ . Между трансмиссионным и подъемным валами лебедки связь

осуществляется посредством двух цепных передач:  $\frac{z = 21}{z = 68}; \frac{z = 29}{z = 36}$ . Следовательно,

подъемный вал будет иметь шесть различных скоростей вращения.

Определяем скорости вращения подъемного вала (барабана) лебедки.

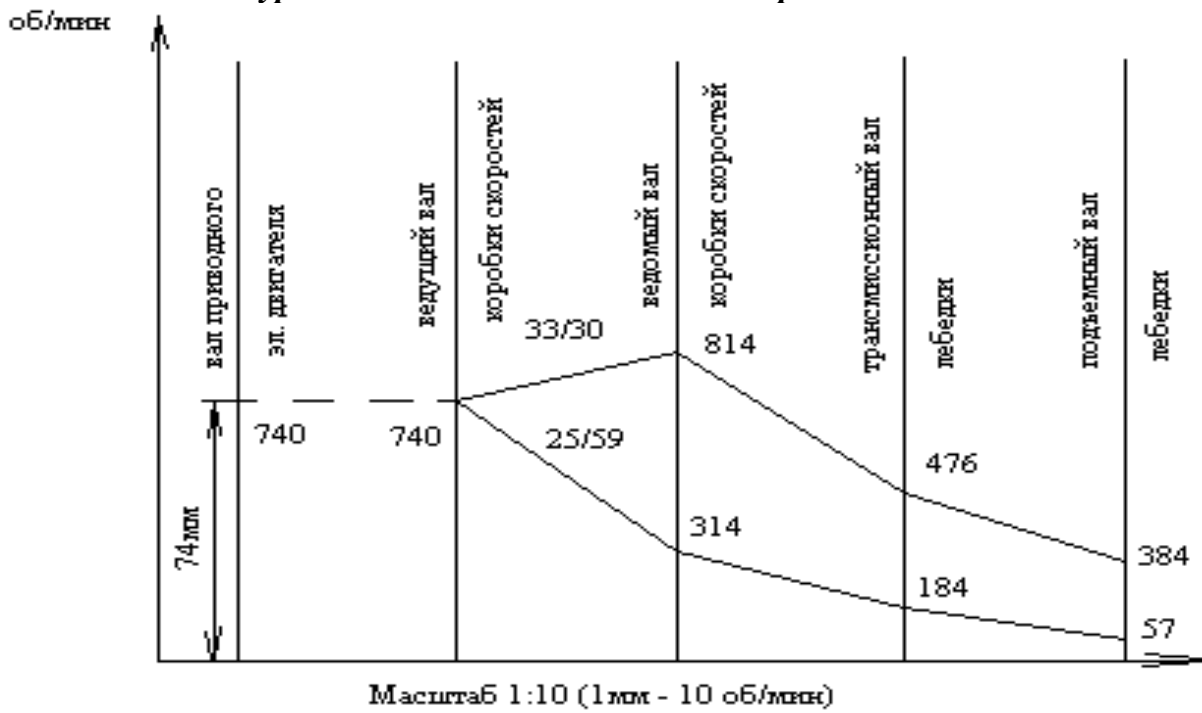
$$П_{\bar{o}}^I = П_{\partialв} \cdot \frac{25}{59} \cdot \frac{24}{41} \cdot \frac{21}{68} = 740 \cdot \frac{25}{59} \cdot \frac{24}{41} \cdot \frac{21}{68}, \text{ об/мин.}$$

$$П_{\bar{o}}^{VI} = П_{\partialв} \cdot \frac{33}{30} \cdot \frac{24}{41} \cdot \frac{29}{36} = 740 \cdot \frac{33}{30} \cdot \frac{24}{41} \cdot \frac{29}{36}, \text{ об/мин}$$

### Построение графика скоростей буровой лебедки.

В произвольном масштабе (желательно 1:10 1мм – 10 об/мин) на миллиметровой бумаге откладываем на вертикальной оси частоты вращения валов, рассмотренных в кинематическом расчете.

**Пример построения графика скоростей (I-й и VI-й)  
буровой лебедки ЛБУ-1200К БУ «Уралмаш – 3000 ЭУК».**





## Практическая работа 8

### Определение средней скорости подъема бурового крюка и грузоподъемности буровой лебедки

#### Исходные данные:

- $D_б$  – диаметр бочки барабана лебедки;
- $l_{св}$  – длина свечи;
- оснастка талевой системы;
- $d_к$  – диаметр каната;
- $L_б$  – длина бочки барабана.

Данные взять из таблицы 9 согласно своего варианта.

Таблица 9

Вариант	$D_б$ , мм	$l_{св}$ , м	Оснастка талевой системы	$d_к$ , мм	$L_б$ , мм	Вариант	$D_б$ , мм	$l_{св}$ , м	Оснастка талевой системы	$d_к$ , мм	$L_б$ , мм
1	650	25	5×6	28	840	16	800	25	5×6	32	1030
2	650	25	5×6	28	840	17	800	25	5×6	32	1030
3	750	25	5×6	28	1350	18	600	25	4×5	25	862
4	650	25	5×6	28	840	19	700	25	4×5	28	1200
5	750	25	5×6	32	1350	20	700	25	4×5	28	1200
6	800	25	5×6	32	1030	21	650	25	5×6	28	840
7	800	25	5×6	32	1030	22	650	25	5×6	28	840
8	600	25	4×5	25	862	23	750	25	5×6	28	1350
9	700	25	4×5	28	1200	24	650	25	5×6	28	840
10	700	25	4×5	28	1200	25	750	25	5×6	32	1350
11	650	25	5×6	28	840	26	800	25	5×6	32	1030
12	650	25	5×6	28	840	27	800	25	5×6	32	1030
13	750	25	5×6	28	1350	28	600	25	4×5	25	862
14	650	25	5×6	28	840	29	700	25	4×5	28	1200
15	750	25	5×6	32	1350	30	700	25	4×5	28	1200

#### Порядок выполнения

1. Определить длину каната, наматываемого на барабан при подъеме колонны труб на длину свечи.

$$L = 1,05l_{св} \cdot n + l_н,$$

где  $n$  – число рабочих струн талевой системы  $n = 2k$

$k$  – число шкивов талевого блока, задействованных в оснастке

$l_н$  – длина нерабочих витков на барабане лебедки принимаем 15м.

2. Определить число витков каната в одном ряду (полученное значение округлить до целого числа)

$$m = \frac{L_б}{t}$$

где  $t$  – шаг навивки каната, мм

$$t = d_к + \Delta$$

$\Delta = 2$  мм – зазор между витками каната.

3. Определить длину каната, навиваемого на барабан по каждому ряду

$$l = \pi \cdot D \cdot m, \text{ м}$$

где  $D$  – диаметр барабана с учетом навитого каната, м

• по первому ряду

$$D_1 = D_6 + d_k$$

$$l_1 = \pi \cdot D_1 \cdot m$$

• для последующих рядов « $D$ » определяем по формуле  $D = D_6 + (2z - 1)d_k\alpha$

где  $z$  – порядковый номер ряда навивки;

$\alpha = 0,93$  – коэффициент уплотнения каната;

« $D$ » и « $l$ » определить для 7-ми рядов

4. Определить ряд, по которому заканчивается навивка каната при подъеме колонны труб на длину свечи

$$(l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_i) \approx L$$

5. Определить расчетный (средний) диаметр барабана

$$D_p = \frac{D_1 + D_i}{2}$$

где  $D_i$  – диаметр барабана по  $i$ -му ряду, на котором закончилась навивка при подъеме колонны труб на длину свечи.

6. Определить среднюю скорость подъема бурового крюка на всех скоростях буровой лебедки

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_6}{n \cdot 60}, \text{ м/с}$$

где  $n_6$  – частота вращения барабана на соответствующей скорости лебедки, об/мин (данные взять из практического занятия №7)

7. Определить грузоподъемность буровой лебедки на всех скоростях подъема

$$Q_n = \frac{N_{пр} \cdot \eta_{м.п}}{v_{кр}}, \text{ кН}$$

где  $N_{пр}$  – мощность привода буровой лебедки, кВт (взять из технической характеристики буровой установки – практическое занятие №7).

$\eta_{м.п} = 0,8$  – к.п.д. механических передач.

## Практическая работа 9

### Определение усилия в рукоятке ленточного тормоза

**Цель работы:** Научиться определять усилия в рукоятке ленточно-колодочного тормоза лебедки и делать выводы по полученным результатам

#### Исходные данные:

$Q_{кр}$  – вес на крюке, кН

$Q_{т.с.}$  – вес элементов талевой системы, кН

$2n$  – показатель оснастки талевой системы

$D_{н.в.}$  – диаметр налива каната на барабан лебедки, мм

$D_{т.ш.}$  – диаметр тормозных шкивов, мм

$L_{рук}$  – длина тормозной рукоятке, мм

$r$  – радиус кривошипа тормозного вала, мм

$f$  – коэффициент трения

$\beta$  – угол обхвата тормозными лентами шкива

Таблица 10

Вариант	Данные								
	$Q_{кр}$ , кН	$Q_{т.с.}$ , кН	Оснастка	$L_{рук}$ , мм	$r$ , мм	$f$	$D_{н.в.}$	$D_{т.ш.}$	$\beta^\circ$
1	1050	40	4×5	1300	75	0,45	780	1180	270
2	1250	50	5×6	1300	60	0,45	780	1180	270
3	1300	50	5×6	1300	60	0,4	780	1180	270
4	1500	50	5×6	1300	60	0,4	920	1450	280
5	2000	70	6×7	1500	50	0,5	780	1180	280
6	1000	40	4×5	1300	60	0,45	780	1180	270
7	1200	50	5×6	1300	60	0,45	780	1180	270
8	1400	50	5×6	1300	60	0,45	840	1180	270
9	2500	70	6×7	1500	50	0,5	920	1450	280
10	3000	70	6×7	1500	50	0,5	920	1450	300

#### Порядок выполнения:

Определение усилия торможения ведется в следующей последовательности:

1. Определяем натяжение ведущей ветви при спуске колонны труб:

$$P_6 = \frac{Q_{кр} + Q_{т.с.}}{2n} \cdot \eta_{т.с.}$$

2. Определяем усилие торможения по формуле:

$$P_{рук} = \frac{r}{L_{рук}} \cdot \frac{1}{e^{f\alpha} - 1} \cdot P_6 \cdot \frac{D_{нв}}{D_{тш}} \leq [P_{рук}]$$

$e = 2,718$  – основание натурального логарифма

$\alpha = \frac{\pi \cdot \beta}{180}$  – угол обхвата тормозных лент тормозного шкива, выраженный в радианах

$[P_{рук}] = 250$  Н – нормативное значение

## Практическая работа 10

### Кинематический расчет ротора

#### Исходные данные:

Кинематическая схема буровой установки.

Тип БУ взять из таблицы 8 согласно своего варианта.

#### Порядок выполнения.

1. Сделать анализ кинематической схемы при котором:
  - Определить расположение главного привода ротора
  - Определить, через которые кинематические цепи (передачи) возможна передача вращения с главного привода на стол ротора
  - Определить общее количество скоростей вращения стола ротора
2. Определить частоты вращения стола ротора на всех передаваемых скоростях в порядке возрастания.
3. Построить график скоростей в произвольно выбранном масштабе на миллиметровой бумаге.

**Указание:** Пример расчета рассмотрен для ротора Р-560 буровой установки «Уралмаш – 3000 ЭУК».

#### Пример:

Выполнить кинематический расчет ротора Р-560 БУ «Уралмаш 3000 ЭУК».

Мощность на стол ротора передается с трансмиссионного вала буровой лебедки через цепные передачи:  $\frac{z = 24}{z = 34}$ ;  $\frac{z = 45}{z = 25}$ ;  $\frac{z = 25}{a, b, c}$ ; через зубчатую передачу в роторе  $\frac{z = 18}{z = 65}$ .

Мощность на трансмиссионный вал лебедки передается с главного привода электродвигателя АКБ-13-62-8 N = 500 кВт, n = 740 об/мин через КПЦ-700 посредством цепной передачи  $\frac{z = 24}{z = 41}$ . В коробке имеется три пары цепных передач, посредством которых можно получить три скорости вращения ведомого вала.

1-я скорость – передача  $\frac{z = 25}{z = 59}$

2-я скорость – передача  $\frac{z = 26}{z = 33}$

3-я скорость – передача  $\frac{z = 33}{z = 30}$

Следовательно, стол ротора будет иметь три различные скорости вращения при работе на одной из трех сменных звездочек, установленных на валу ротора:  $a = 21$ ,  $b = 25$ ,  $c = 45$ .

Всего стол ротора будет иметь девять скоростей вращения.

Определяем скорости вращения стола ротора

$$n_{ст}^I = n_{дв} \cdot \frac{25}{59} \cdot \frac{24}{41} \cdot \frac{24}{34} \cdot \frac{45}{25} \cdot \frac{25}{a, b, c} \cdot \frac{18}{65}, \text{ об/мин}$$

**Указание:** При расчете принять одну из сменных звездочек;  $n_{дв} = 740$  об/мин.

# Практическая работа 11

## Расчет мощности привода ротора

**Цель работы:** Научиться определять требуемую мощность привода ротора и делать выводы по полученным результатам

**Исходные данные:**

**Порядок выполнения:**

Мощность, передаваемая на ротор

$$N_p = (N_x + N_d) / \eta_p,$$

Где  $N_x$  и  $N_d$  – мощность, затрачиваемая соответственно на холостое вращение труб и разрушение породы, кВт;

$\eta_p = 0,8 - 0,95$  – к. п. д. ротора.

Мощность на холостое вращение бурильной колонны

$$N_x = c p d^2 L n^3$$

где

$p$  – плотность бурового раствора,  $p = 1,5$  г/см<sup>3</sup>;

$d$  – наружный диаметр бурильных труб,  $d = 0,127$  м;

$L$  – длина бурильных труб,  $L = 3500$  м;

$n$  – частота вращения бурильной колонны,  $n = 150 \div 200$  об/мин;

$c$  – коэффициент, учитывающий угол искривления скважины ( $c = 25$ ):

Угол искривления, градус.....	6	6 – 9	10 – 25	26 - 35
Коэффициент $c$ .....	19 – 29	30 – 34	35 – 46	47 – 52

Мощность на холостое вращение бурильной колонны

$$N_x = 25 * 1,5 * 0,127^2 * 3500 * 150^3 * 10^{-7} = 105 \text{ кВт}$$

Мощность, затрачиваемая на разрушение породы

$$N_d = k P_d D_d n^3 * 9,55 = 3,5 k P_d D_d n^3 * 10^{-2},$$

где

$k = 0,2 - 0,3$  – для изношенного шарошечного долота,

$k = 0,1 \div 0,2$  – для нового долота при бурении в твердых породах;

$P_d$  – нагрузка на долото,  $P_d = 100 - 150$  кН;

$D_d$  – диаметр долота,  $D_d = 0,394$  м;

Мощность на вращение долота

$$N_d = 3,5 * 0,3 * 150 * 0,394 * 150^3 * 10^{-2} = 93 \text{ кВт}$$

Мощность, необходимая для привода ротора

$$N_p = (105 + 93) / 0,8 = 247 \text{ кВт.}$$

## Практическая работа 12

### Построение графика подачи двухцилиндрового насоса двойного действия

**Цель работы:** Научиться определять мгновенную подачу насоса и строить график подачи бурового 2-х цилиндрового насоса 2-го действия.

#### Исходные данные:

- Ход поршня –  $S$ ,
- число двойных ходов –  $n$ ,
- диаметр поршня –  $D$ ,
- диаметр штока поршня –  $d$

Данные взять из таблицы 11 согласно своего варианта.

Таблица 11

вариант	$S$ , мм	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$D$ , мм	$d$ , мм	вариант	$S$ , мм	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$D$ , мм	$d$ , мм
1	400	65	130	70	16	450	60	150	85
2	400	65	140	70	17	450	60	160	85
3	400	65	150	70	18	450	60	170	85
4	400	65	160	70	19	450	60	180	85
5	400	65	170	70	20	450	60	190	85
6	400	65	180	70	21	450	60	200	85
7	400	65	190	70	22	300	72	130	65
8	400	65	200	70	23	300	72	140	65
9	400	65	140	80	24	300	72	150	65
10	400	65	150	80	25	300	72	160	65
11	400	65	160	80	26	300	72	170	65
12	400	65	170	80	27	300	72	185	65
13	400	65	180	80	28	400	70	130	70
14	400	65	190	80	29	400	70	140	70
15	400	65	200	80	30	400	70	150	70

#### Порядок выполнения

1. Определить площадь поршня

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \text{дм}^2$$

2. Определить площадь сечения штока

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \text{дм}^2$$

3. Определить мгновенную теоретическую подачу при ходе поршня вперед в интервале  $\varphi$  через  $30^\circ$ ,  $0^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$

$$Q_m = \frac{\pi \cdot R \cdot n}{30} F \cdot \sin \varphi, \text{дм}^3/\text{с}$$

Где  $R$  - радиус кривошипа.  $S=2 \times R$

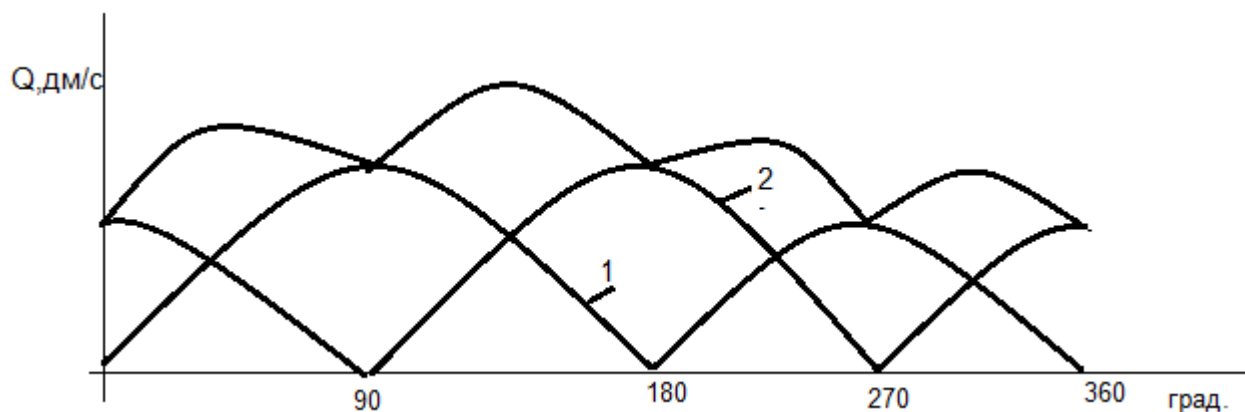
4. Определить мгновенную теоретическую подачу при ходе поршня назад в интервале  $\varphi$  через  $30^\circ$ ,  $180^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$

$$Q_m = \frac{\pi \cdot R \cdot n}{30} (F - f) \sin \varphi, \text{ дм}^3/\text{с}$$

5. Полученные результаты вычислений занести в таблицу.

$\varphi$ , град.	$Q_T$ , дм <sup>3</sup> /с	$\varphi$ , град.	$Q_T$ , дм <sup>3</sup> /с
0	0	210	
30		240	
60		270	
90		300	
120		330	
150		360	
180			

6. Построить график подачи насоса.



## Практическая работа 13

### Определение коэффициента подачи и мощности привода насоса

**Цель работы:** Научиться определять основные параметры и выбирать насос по заданным условиям

**Исходные данные:** Взять с учетом варианта из таблицы 12

D - Диаметр поршня, мм

d - Диаметр штока, мм

S - Ход поршня, мм

n - Число ходов поршня, об/мин

V - Объем емкости для исследования, м<sup>3</sup>

T - Время заполнения емкости, сек.

P - Давление развиваемое насосом, МПа

$\eta_m$  - Механический КПД насоса

Таблица 12

вариант	D, мм	d, мм	S, мм	n, об/мин	V, м <sup>3</sup>	T, сек	P, МПа	$\eta_m$
1	200	70	350	65	19,5	675	13,9	0,7
2	190	65	450	65	11,5	695	15,6	0,75
3	180	70	350	65	18,6	695	17,6	0,8
4	170	65	450	65	12,4	705	20,0	0,75
5	160	70	350	75	17,7	715	12,3	0,7
6	150	65	450	75	13,3	725	14,1	0,75
7	140	70	350	75	16,8	735	14,6	0,8
8	130	65	450	70	14,4	745	9,5	0,75
9	120	70	350	70	15,9	755	11,2	0,7
10	110	65	450	70	15,5	765	13,8	0,75

#### Порядок выполнения:

1. Определить теоретическую производительность насоса

$$Q_m = \frac{\pi \cdot S \cdot n}{120} \cdot (2D^2 - d^2), \text{ м}^3 / \text{сек}$$

2. Определить действительную секундную подачу  $Q_o = \frac{V}{T}$ , м<sup>3</sup>/сек

3. Определить коэффициент подачи насоса  $\eta_o = \frac{Q_o}{Q_m}$

4. Определить приводную мощность насоса  $N = \frac{Q_o \cdot P}{0,00102 \cdot \eta_m}$ , кВт

5. Сделать вывод по полученным результатам, выбрать по приводной мощности насос.



## Практическая работа 14

### Определение допустимой геометрической высоты всасывания насоса

#### Цель работы:

Научиться определять допустимую геометрическую высоту всасывания насоса и выбирать оптимальный режим работы

#### Исходные данные:

Определить максимально-допустимую высоту всасывания бурового насоса, если он смонтирован на высоте над уровнем моря ( $H_{ур}$ ), температура бурового раствора ( $T$ ), плотность его  $\rho$ , технические данные насоса такие: диаметр поршня ( $D_n$ ), диаметр всасывающей трубы ( $D_{вс}$ ), ее длина ( $L_{вс}$ ), диаметр тарелки клапана ( $d_{кл}$ ), вес клапана ( $G$ ), сила прижатия пружины ( $R$ ), радиус кривошипа ( $r$ ), отношение радиуса кривошипа к длине шатуна ( $\frac{r}{e_{ш}} = 0,2$ ), число оборотов кривошипа ( $n$  об/мин).

Таблица 13

вариант	$H_{ур}$ , м	$T$ , °C	$\rho$ , $\times 10^4 \text{Н/м}^3$	$D_n$ мм	$D_{вс}$ мм	$L_{вс}$ м	$d_{кл}$ , мм	$G$ , кг	$R$ , кг	$r$ , мм	$n$ , об/мин
1	100	30	1,2	170	250	5,0	150	8	30	225	50
2	200	40	1,2	170	270	5,5	150	9	32	220	55
3	300	50	1,2	160	250	5,0	150	10	30	225	60
4	300	30	1,2	160	270	4,5	150	9,5	32	220	65
5	500	40	1,1	170	250	5,0	150	9,5	36	225	60
6	100	50	1,1	170	250	5,0	150	10	34	225	65
7	200	30	1,2	170	250	5,0	150	11	32	225	65
8	300	30	1,1	170	270	5,0	150	10	30	220	60
9	500	40	1,1	170	250	4,5	150	10,5	30	220	60
10	300	50	1,0	150	250	4,0	150	10,5	32	225	60

#### Порядок выполнения:

Высота всасывания определяется из следующего уравнения:

$$H_{вс} = \frac{P_0}{\rho} - \frac{P_t}{\rho} - H_{кл} - H_{ш}, \quad \text{где}$$

$P_0$  - атмосферное давление (берется в зависимости от высоты над уровнем моря), отнесенное к плотности перекачиваемой жидкости, м

Высота над уровнем моря, м	0	300	500	1000	1500
$P_0$ , гПа	1033	990	970	920	860

$\frac{P_t}{\rho}$  - упругость паров перекачиваемой жидкости (берется в зависимости от температуры),

отнесенная к плотности перекачиваемой жидкости, м

Пары	Упругость паров $P_t$ , гПа при температуре, °C					
	10	20	30	50	80	100
Воды	12	24	43	127	497	1033
Бурового раствора	18	32	55	90	140	—

$$H_{\text{кл}} = \frac{G + R}{f \cdot \rho}$$

$H_{\text{кл}}$  - напор, расходуемый на открытие клапана, м

$G$  – вес клапана, Н

$R$  – сила прижатия пружины, Н

$f = 0,785 \cdot d_{\text{кл}}^2$  – площадь тарелки клапана, м<sup>2</sup>

$\rho$  - плотность перекачиваемой жидкости, Н/м<sup>3</sup>

для воды  $\rho = 1 \times 10^4$  Н/м<sup>3</sup>

$$H_{\text{ин}} = \frac{r \cdot n^2}{90 \cdot g} \cdot \left( 1 + \frac{r}{l_{\text{ш}}} \right) \cdot L_s$$

$H_{\text{ин}}$  - потери напора на преодоление сил инерции, м

$r$  – радиус кривошипа, м

$n$  – обороты, об/мин

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения

$\frac{r}{l_{\text{ш}}} = 0,2$  - отношение радиуса кривошипа к длине шатуна

$$L_s = L_{\text{BC}} \frac{D_n^2}{D_{\text{BC}}^2}$$

$L_{\text{BC}}$  - условная длина всасывающей линии, м

## Практическая работа 15

### Построение рабочей характеристики и определение рабочей зоны центробежного насоса

**Цель работы:** Научиться строить рабочую характеристику, определять основные параметры и выбирать оптимальные режимы работы центробежных насосов

#### Задание

- Построить рабочую характеристику центробежного насоса по данным испытаний.
- Для каждого значения  $Q$  подсчитать значение  $N_{\Pi}$  и  $\eta$ .
- Построить для найденных значений графические зависимости.
- Данные для решения задачи возьмите из таблицы (В. 1, 16 – означает данные для расчета 1 и 16 вариантов).

#### Порядок выполнения работы

Рабочая характеристика центробежного насоса представляет собой графическую зависимость  $Q - H$ , которая строится по данным, полученным при испытании насоса (данные испытаний даны в задании по вариантам). На оси абсцисс наносят в произвольно принятом масштабе значения подач, а на оси ординат – значения напора. Для каждой точки определяют полезную мощность по формуле:  $N_n = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$

Причем, для четных вариантов принять плотность жидкости  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ , а для нечетных  $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$ .

Затем в каждой точке подсчитывают к.п.д. по формуле:

$$\eta = \frac{N_n}{N}$$

где  $N = 90 \text{ кВт}$  – потребляемая насосом мощность

Все рассчитанные параметры  $N_n$  и к.п.д. наносятся на график в соответствующем масштабе и строятся зависимости  $N_n - Q$  и  $\eta - Q$ .

Показать на графике рабочую зону и сделать вывод по полученным результатам.

**Таблица 14 - Исходные данные**

вариант	параметры	Значения параметров								
		0	10	20	30	40	50	60	70	80
<b>1,16</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	<b>H, м</b>	38	40	41	41	40	37	34	30	25
<b>2,17</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	8	18	25	36	44	50	58	65
	<b>H, м</b>	35	38	42	43	40	35	30	25	20
<b>3,18</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	10	18	26	32	38	45	50	55
	<b>H, м</b>	40	45	48	50	49	43	40	36	30
<b>4,19</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	10	18	25	32	38	45	52	56
	<b>H, м</b>	35	40	44	46	45	40	35	30	25
<b>5,20</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	12	18	25	32	45	50	55	60
	<b>H, м</b>	38	45	50	52	50	45	40	35	31
<b>6,21</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	15	25	35	45	55	65	75	85
	<b>H, м</b>	30	35	40	42	39	35	30	26	20
<b>7,22</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	12	18	25	30	35	40	45	50
	<b>H, м</b>	25	30	35	41	40	35	31	26	20
<b>8,23</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	<b>H, м</b>	32	38	45	49	48	44	40	35	31
<b>9,24</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	8	15	22	35	42	50	60	70
	<b>H, м</b>	35	40	48	50	47	40	38	32	28
<b>10,25</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	10	18	26	32	38	45	50	55
	<b>H, м</b>	20	25	30	33	32	27	20	18	15
<b>11,26</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	7	14	21	28	35	42	49	56
	<b>H, м</b>	30	35	40	43	45	40	36	30	25
<b>12,27</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	15	28	37	45	52	60	66	72
	<b>H, м</b>	28	36	46	50	48	39	33	28	25
<b>13,28</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	12	18	25	32	40	48	54	60
	<b>H, м</b>	30	35	40	48	46	40	35	31	28
<b>14,29</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	10	15	25	30	40	45	50	55
	<b>H, м</b>	30	33	40	48	46	40	34	28	22
<b>15,30</b>	<b>Q, л/сек</b>	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	<b>H, м</b>	35	42	50	58	56	50	44	38	30

## Практическая работа 16

### Определение энергетических параметров турбобуров на разных режимах работы

**Цель работы:** Научиться определять энергетические параметры турбобуров на различных режимах работы и оценивать полученный результат.

**Исходные данные:** Данные взять из таблиц 15, 16, 17 согласно своего варианта.

**ЗАДАЧА 1.** Определить изменение рабочей характеристики турбобура при изменении расхода жидкости.

Таблица 15

Вариант	Имеющиеся данные рабочей характеристики					Определить параметры при расходе жидкости $Q_2$ , л/с
	Расход жидкости $Q_1$ , л/с	Число оборотов вала $n_1$ , об/мин	Перепад давления $P_1$ , МПа	Вращающий момент $M_1$ , кН×м	Мощность $N_1$ , кВт	
1.	12	760	6,50	4,22	33	13,5
2.	20	550	6,00	9,80	47	21,5
3.	25	600	6,90	16,70	81	24,0
4.	25	680	2,30	15,50	112	23,5
5.	30	422	3,10	19,90	54	42,5
6.	35	492	7,40	14,70	72	46,0
7.	40	563	9,30	35,20	115	43,0
8.	45	632	3,60	20,40	114	52,0
9.	28	670	3,00	9,20	54	31,0
10.	22	580	5,40	4,70	32	19,0

**ЗАДАЧА 2.** Определить изменение рабочей характеристики турбобура при изменении плотности промывочной жидкости.

Таблица 16

Вариант	Рабочие характеристики турбобура при работе на воде				Определить параметры при работе на растворе плотностью $\rho_2$ , г/см <sup>3</sup>
	Число оборотов вала $n_1$ , об/мин	Перепад давления $P_1$ , МПа	Вращающий момент $M_1$ , кН×м	Мощность $N_1$ , кВт	
1.	760	6,50	4,22	33	1,22
2.	550	6,00	9,80	47	1,15
3.	600	6,90	16,70	81	1,18
4.	680	2,30	15,50	112	1,25
5.	422	3,10	19,90	54	1,28
6.	492	7,40	14,70	72	1,32
7.	563	9,30	35,20	115	1,24
8.	632	3,60	20,40	114	1,15
9.	670	3,00	9,20	54	1,16
10.	580	5,40	4,70	32	1,25

**ЗАДАЧА 3. Определить требуемый расход жидкости для создания турбобуром нужной мощности для работы долота.**

Таблица 17

Вариант	Имеющаяся мощность турбобура при расходе жидкости		Определить требуемый расход жидкости для создания мощности $N_2$ , кВт
	Расход жидкости $Q_1$ , л/с	Мощность $N_1$ , кВт	
1.	28	88,0	117,0
2.	22	55,7	64,0
3.	45	57,8	72,6
4.	25	42,6	24,5
5.	30	71,4	46,5
6.	32	72,6	82,6
7.	26	61,0	97,0
8.	28	101,0	114,0
9.	25	70,4	112,0
10.	35	140,0	102,4

**Порядок выполнения работы:**

**К задаче 1.** Для решения этой задачи необходимо знать зависимость рабочей характеристики турбобура от величины расхода жидкости:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \quad \frac{M_1}{M_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^3$$

Данные  $Q_1, M_1, n_1, N_1, P_1$  - известны. Определить  $M_2, n_2, N_2, P_2$  при  $Q_2$ , т. е. при новом расходе промывочной жидкости.

**К задаче 2.** Параметры рабочей характеристики турбобура (мощность, момент, перепад давления) прямо пропорциональны плотности прокачиваемой жидкости. Число оборотов вала турбобура не зависит от плотности прокачиваемой жидкости.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

$P_1, M_1, N_1, \rho_1$  - известны. Определить  $P_2, M_2, N_2$ , при  $\rho_2$ , т.е. при работе на буровом растворе.

**К задаче 3.** Мощность на валу турбобура пропорциональна кубу расхода жидкости. По этой зависимости необходимо найти расход жидкости для создания требуемой мощности на валу турбобура:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_2}{N_1}}$$

## Практическая работа 17

### Определение момента на ключе при затяжке статорной системы турбобура.

**Цель работы:** Научиться определять момент на ключе при затяжке статорной системы турбобура.

**Исходные данные :**

- $D_1$  – наружный диаметр ступицы, мм;
- $D_2$  – внутренний диаметр ступицы, мм;
- $\sigma_{см} = 70$  МПа – допустимые напряжения на смятие;
- $f = 0,2 \div 0,25$  – коэффициент трения;
- $d_{ср}$  – средний диаметр резьбы ниппеля, мм;

Данные взять из таблицы 18 согласно своего варианта.

Таблица 18

вариант	Данные			
	$D_1$ , мм	$D_2$ , мм	$d_{ср}$ , мм	$S$ , мм
1	205	190	211,103	6,0
2	186	172	191,103	6,0
3	166	152	173,362	5,08
4	148	137	153,185	6,6
5	142	131	153,135	5,5
6	148	136	153,135	6,0
7	186	172	191,921	6,0
8	146	137	153,185	5,5
9	142	131	153,135	5,5
10	205	190	211,103	6,0

#### Порядок выполнения работы:

Вся неподвижная система турбобура затягивается ниппелем. Усилия затяжки должны обеспечивать момент трения на торцах статоров и подпятников, превосходящих тормозной крутящий момент, возникающий при остановке вала турбобура.

1. Момент на ключе при затяжке статорной системы:  $M_{кл} = M_{тр} + M_p$ ,

где  $M_{тр}$  – момент трения на торцах ступеней статора;

$M_p$  – момент трения в резьбе ниппеля.

2. Момент трения на торцах ступеней статора:  $M_{тр} = P_3 \cdot f \cdot R$ ,

где  $R$  – средний радиус трения будет соответствовать среднему диаметру, ввиду небольшой разности наружного и внутреннего диаметров кольца.

$$R = \frac{D_1 + D_2}{4}$$

$P_3$  – осевая сила затяжки:

$$P_3 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \cdot \sigma_{см},$$

3. Момент трения в резьбовой части ниппеля:

$$M_p = P_3 \frac{d_{ср}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \beta),$$

где  $P_3$  – осевая сила затяжки;

$$\alpha - \text{угол подъема винтовой линии резьбы} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{\pi d_{ср}};$$

$$\beta - \text{угол трения в резьбе} \quad \operatorname{tg} \beta = f = 0,2 \div 0,25$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$$

Определив  $M_{тр}$  и  $M_p$ , определяем  $M_{кр}$ .

Подобным образом определяется и момент затяжки роторной гайки для крепления вращающихся деталей на валу турбобура.

## Практическая работа 18

### Разборка и сборка узлов пневмоуправления

#### Цель работы:

Закрепить знание принципа действия и конструкции узлов пневмоуправления.

Таблица 19 – Исходные данные

вариант	Узел пневмоуправления
1.	Двухклапанный кран
2.	Четырехклапанный кран
3.	Кран машиниста
4.	Регулятор давления
5.	Электропневматический распределитель
6.	Электропневматический вентиль
7.	Двухклапанный кран
8.	Четырехклапанный кран
9.	Кран машиниста
10.	Регулятор давления

#### Контрольные вопросы:

1. Основные функции систем управления буровых установок.
2. Основные органы систем управления.
3. Основные элементы системы пневматического управления БУ
4. Преимущества пневматической системы управления

#### Порядок выполнения работы.

1. Изучить конструкцию и принцип работы узлов системы пневмоуправления БУ
2. Получив задание, описать последовательность разборки и сборки узла системы пневмоуправления БУ
3. Ответить на контрольные вопросы



## Практическая работа 19

### Составление схем пневмоуправления БУ

#### Цель работы:

Закрепить знание принципа действия и конструкции узлов пневмоуправления, научиться анализировать особенности схем управления бурового оборудования

Таблица 20 – Исходные данные

вариант	Схема управления оборудованием
1.	Управление коробкой передач
2.	Управление лебедкой
3.	Управление ленточным тормозом
4.	Управление ротором
5.	Управление насосами
6.	Управление коробкой передач
7.	Управление лебедкой
8.	Управление ленточным тормозом
9.	Управление ротором
10.	Управление насосами

#### Контрольные вопросы:

1. Основные функции систем управления буровых установок.
2. Основные органы систем управления.
3. Основные элементы системы пневматического управления БУ
4. Преимущества пневматической системы управления

#### Порядок выполнения работы.

1. Изучить конструкцию и принцип работы узлов системы пневмоуправления БУ
2. Изучить схему управления конкретного бурового оборудования, зарисовать схему, объяснить как происходит защита от ошибок управления взаимоисключающими операциями
3. Ответить на контрольные вопросы

## Практическая работа 20

### Составление и анализ схемы расположения оборудования блоков буровой установки

**Цель работы:** Научиться проводить анализ существующих буровых установок по различным признакам: назначению, схемам расположения, типу привода, параметрам основания и буровой установки в целом

Таблица 21 – Исходные данные

<b>вариант</b>	<b>Буровая установка</b>
<b>1</b>	БУ80БрД
<b>2</b>	БУ2500ЭУК
<b>3</b>	БУ2900/175ДЭП
<b>4</b>	БУ2900/200ЭПК-БМ
<b>5</b>	БУ Уралмаш 125БЭ
<b>6</b>	БУ3000ЭУК
<b>7</b>	БУ3000ЭУК-1М
<b>8</b>	БУ3200/200ЭУК-2М
<b>9</b>	БУ3200/200ЭУК-3МА
<b>10</b>	БУ3900/225ЭК-БМ

#### Порядок выполнения:

1. Изучить материалы практической работы

2. Для конкретной буровой установки:

- выписать основные технические характеристики
- выписать основные блоки
- изобразить схемы расположения оборудования в плане и по вертикали
- дать комментарии к схемам
- кратко описать особенности данной буровой установки

Таблица 22

## Латинский алфавит

Буквы		Название букв
Прописные	Строчные	
<i>A</i>	<i>a</i>	а
<i>B</i>	<i>b</i>	бэ
<i>C</i>	<i>c</i>	цэ
<i>D</i>	<i>d</i>	дэ
<i>E</i>	<i>e</i>	э
<i>F</i>	<i>f</i>	эф
<i>G</i>	<i>g</i>	гэ
<i>H</i>	<i>h</i>	аш
<i>I</i>	<i>i</i>	и
<i>J</i>	<i>j</i>	йот
<i>K</i>	<i>k</i>	ка
<i>L</i>	<i>l</i>	эль
<i>M</i>	<i>m</i>	эм
<i>N</i>	<i>n</i>	эн
<i>O</i>	<i>o</i>	о
<i>P</i>	<i>p</i>	пэ
<i>Q</i>	<i>q</i>	ку
<i>R</i>	<i>r</i>	эр
<i>S</i>	<i>s</i>	эс
<i>T</i>	<i>t</i>	тэ
<i>U</i>	<i>u</i>	у
<i>V</i>	<i>v</i>	вэ
<i>W</i>	<i>w</i>	дубль вэ
<i>X</i>	<i>x</i>	икс
<i>Y</i>	<i>y</i>	игрек
<i>Z</i>	<i>z</i>	зет

## Греческий алфавит

Буквы		Название букв
Прописные	Строчные	
Α	α	альфа
Β	β	бэта
Γ	γ	гамма
Δ	δ	дельта
Ε	ε	эпсилон
Ζ	ζ	дзета
Η	η	эта
Θ	θ	тэта
Ι	ι	иота
Κ	κ	каппа
Λ	λ	ламбда
Μ	μ	мю
Ν	ν	ню
Ξ	ξ	кси
Ο	ο	омикрон
Π	π	пи
Ρ	ρ	ро
Σ	σ	сигма
Τ	τ	тау
Υ	υ	ипсилон
Φ	φ	фи
Χ	χ	хи
Ψ	ψ	пси
Ω	ω	омега