## Министерство образования Республики Башкортостан

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение

Ишимбайский нефтяной колледж

(ГАПОУ ИНК)



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению контрольной работы**

для студентов заочного отделения по курсу

***«БУРОВОЕ И ПРОМЫСЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ»***

для специальности

***13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и***

***электромеханического оборудования(по отраслям).***

Автор: Вольман Эдуард Хильевич

2017

ОДОБРЕНО: УТВЕРЖДЕНО:

Предметно-цикловой Зам.директора поУР

комиссией эл.технических \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Вепрева Р.Г.

дисциплин. «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017г.

Протокол №\_\_ от «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Председатель ПЦК

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.Ю. Вахрушина

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017г.

Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Буровое и промысловое электрооборудование» содержат теоретическую часть и задания по вариантам. Разработка оснащена необходимыми формулами, таблицами.

Методические указания разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) и рекомендованы для студентов заочного отделения по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и

электромеханического оборудования(по отраслям)».

Организация-разработчик:

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Ишимбайский нефтяной колледж (ГАПОУ ИНК)

Разработчик:

Вольман Э.Х. – преподаватель ГАПОУ ИНК

**4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

**Основная**:

1. И.В.Белоусенко. Новые технологии современное оборудование в электроэнергетике нефтегазовой промышленности-М.Недра. 2010г.

2. Меньшов Б.Г., Ершов. М.С., Яризов А.Д. «Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности». – М, 2013г.

3. Меньшов Б.Г., Суд. И.И., Яризов А.Д. «Электрооборудование нефтяной промышленности». - М.: Недра, 2012г.

4.Шабанов В.А. Основы регулируемого электропривода основных механизмов

бурения, добычи и транспорта нефти: учеб. пособие. Уфа: изд–во УГНТУ, 2015 г.

5.Сибикин Ю.Д. Юшков В.А. Электрик нефтяных и газовых промыслов.-М, Радио Софт, 2014г.

**Дополнительная**:

1. Блантер С.Г., Суд И.И. «Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности». - М.: Недра, 1980г.

2. Правила устройства электроустановок.Издание 7.М.НЦЭНАС, 2006г.

3. Фоменко Ф.Н. «Бурение скважин электробуром». М. Недра, 1974г.

**5**.**ВАРИАНТЫ** **КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**.

**Вариант 1**.

1. Общая характеристика оборудования буровых установок.

2. Схема электроснабжения куста скважин с тремя станками- качалками и двумя УЭЦН,

Задачи 1,2, 3,4, 7,8.

**Вариант 2**.

1. Наземное оборудование при бурении электробуром и конструкция двигателя электробура.

2. Схема блока БГШ управления двигателя станка- качалки с АПВ.

Задачи 1, 3, 5, 7, 8, 9.

**Вариант 3**.

1. Управление двигателем электробура.

2. Схема электроснабжения компрессорной станции с восемью компрессорами.

Задачи 1, 2, 3, 6, 7, 8.

**Вариант.4**.

1. Электропривод механизма подачи долота буровых установок.

2. Схема управления и защиты асинхронного двигателя компрессора.

Задачи 1, 3, 4, 7, 8, 9.

**Вариант 5**.

1. Характеристики и мощность электропривода буровой лебёдки.

2. Схема блока управления БУС-4М двигателя станка- качалки.

Задачи 1, 2, 3, 5, 7, 8.

**Вариант 6**

1. Электропривод буровой лебёдки с эл.магнитными муфтами и тормозами.

2. Блок- система устройства управления УЭЦН типа ШHK .

а)установить компенсирующее устройство

Задачи 1, 3, 4, 7, 8, 9.

**Вариант 7**.

1. Характеристики и мощность электропривода бурового насоса.

2. Электрическая схема комплектной трансформаторной подстанции КТППН для питания УЦН.

Задачи 1, 2, 3,6, 7, 8.

**Вариант 8**.

1. Характеристики и мощность электропривода ротора БУ.

2. Схема управления и защиты синхронного двигателя компрессора БСДКП с бесщеточным возбуждением

Задачи 1, 3, 4, 7, 8, 9.

**Вариант 9**.

1. Дизель - электрический привод БУ.

2. Схема электроснабжения шестиагрегатной компрессорной станции

Задачи 1, 2, 3, 5, 7, 8.

**Вариант 10**.

1. Электрооборудование вспомогательных механизмов БУ.

2. Схема электросоединений электрооборудования электро- дегидратора.

Задачи 1, 2, 3,4, 7, 8.

**Вариант 11**.

1. Глубиннонасосные штанговые установки.

2. Схема электроснабжения БУ.

Задачи 1, 2, 3,4, 7, 8.

**Вариант 12**.

1. Бесштанговые насосные установки

2. Схема комплектного распределительного устройства типа КРНБ- 6М.

Задачи 1,2, 5, 7, 8, 9.

**Вариант 13**.

1. Определите мощности двигателей станка- качалки.

2. Схема управления индивидуальным приводом.

Задачи 1, 2, 3,6, 7, 8.

**Вариант 14**.

1. Определение КПД и коэффициента мощности при циклической нагрузке.

2. Электрическая схема управления регулятора РПДЭ.

Задачи 1, 3, 4, 7, 8, 9.

**Вариант 15**.

1. Электродвигатели для привода станка- качалки.

2. Структурная схема регулятора подачи долота АВТ2.

Задачи 1, 2, 3, 5, 7, 8.

**Вариант 16**.

1. Электроснабжение, индивидуальный и магистральный самозапуск двигателей станка- качалки.

2. Принципиальная схема управления электроприводом буровой лебёдки со станции СБ64-500.

Задачи 1,2, 3,4, 7, 8.

**Вариант 17**.

1. Электроснабжение установок с ЭЦН.

2. Вариант схемы электроснабжения БКНС с шестью двигателями СТД-1250-2

Задачи 1,2, 3,4, 7, 8

**Вариант 18**.

1. Выбор электрооборудования бесштанговой насосной установки .

2. Схема управления и защиты СД компрессора с эл. машинной системой возбуждения

Задачи 1, 3, 5, 7, 8, 9

**Вариант 20**.

1) Энергетические показатели насосной добычи нефти.

2) Структурная схема комплектного устройства управления АД буровой лебедки с тиристорным регулятором скольжения.

Задачи 1,2,3,4,7,8.

**Вариант 21**.

1. Общие сведения об электрооборудовании объектов обустройства нефтяных промыслов

2. Схема управления СД бурового насоса эл. машинной системой возбуждения.

Задачи 1.3.5.7.8.9.

**Вариант 22**.

1. Электрооборудование промысловых компрессорных станций

2. Структурная схема управления бесщеточным двигателем бурового насоса

Задачи 1,2,3,5,7,8.

**Вариант 23**.

1. Электрооборудование насосной станции внутрипромысловой перекачки нефти.

2. Структурная схема комплектного устройства управления АД бурового насоса по системе асинхронного вентильного каскада.

Задачи 1,3,6,7,8,9.

**Вариант 24**.

1. Электрооборудование насосных станций поддержания пластового давления.

2. Схема управления механизмами АСП-Зм.

Задачи 1,2,3,5,7,8.

**Вариант 25**.

1. Электрооборудование электрообезвоживающих и обессоливающих установок.

2. Принципиальная схема управления двигателем электробура.

Задачи 1,3,5,7,8,9.

**Вариант 26**.

1.Электрические установки для тепловой обработки призабойной зоны и депарафинизации скважин.

2. Структурная схема комплектного устройства управления двигателем электробура.

Задачи 1,2,3,6,7,8

**6. ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ**

**Задача 1**.

Рассчитать мощность и выбрать электродвигатель для привода буровой лебёдки.

Сделать проверку по эквивалентной мощности. Исходные данные приведены в

таблице 1 ПРИЛОЖЕНИЯ 2.

**Теоретические сведения**

С помощью буровой лебедки осуществляют подъем или опускание колонны бурильных труб (КБТ), свинчивание и развинчивание труб, их перенос и установку, подъем и опускание незагруженного элеватора, подачу долота на забой и др. Так как все эти операции требуют различных мощности и характеристик электропривода, то в современных буровых установках для вспомогательных операций применяются отдельные механизмы с индивидуальным электроприводом. В этом случае буровая лебедка с электроприводом используется только для подъема и опускания КБТ, причем для подъема КБТ служат приводные двигатели, а для торможения при опускании -вспомогательные тормоза или приводные двигатели.

Кинематические схемы привода буровой лебедки можно классифицировать по числу скоростей подъема, числу приводных двигателей, их номинальной частоте вращения и способу торможения.

В традиционной кинематической схеме буровой лебедки предусмотрена обратная скорость (реверс) с оперативным (с помощью шинно-пневматической муфты) или неоперативным включением. На многих установках отбор мощности на ротор осуществляется от коробки перемены передач лебедки. Поэтому реверс необходим. На отечественных буровых установках с асинхронным электроприводом предусмотрен оперативный электрический реверс.

Подъем КБТ состоит из отдельных циклов, число которых равно числу свечей; за время одного цикла происходит подъем на высоту одной свечи (25-37 м), затем ее отвинчивают, переносят и устанавливают, после чего цикл повторяется. Таким образом, по мере подъема вес КБТ дискретно уменьшается и, следовательно, уменьшается момент статического сопротивления на валу приводного двигателя. Диапазон изменения момента статического сопротивления определяется отношением веса максимального груза к весу крюка с незагруженным элеватором и составляет от 14:1 до 20:1, причем больший диапазон относится к буровым лебедкам большей грузоподъемности. Так как время работы привода лебедки при подъеме КБТ перемежается паузами для отвинчивания, переноса и установки труб, а также спуска крюка с незагруженным элеватором, режим работы привода лебедки - повторно-кратковременный с относительной продолжительностью включения 25-40 *%.* При наличии уменьшающегося момента статического сопротивления на валу двигателя некоторой мощности Р наибольшая производительность лебедки (без учета времени переходных процессов) может быть достигнута, если по мере подъема труб скорость подъема увеличивается, т.е. если выполняется условие:

***Р = Мс* ωб */* η *= const***,

где Мс — момент сопротивления на валу барабана лебедки; ωб — угловая скорость барабана лебедки; η— КПД передач от двигателя к барабану лебедки.

Передаточные числа, число передач и диапазон регулирования частоты вращения электродвигателя выбирают обычно таким образом, чтобы механическая характеристика привода была близка к кривой постоянной мощности. Изменять частоту вращения барабана лебедки (скорости подъема груза) можно ступенчато с помощью многоскоростных трансмиссий или бесступенчато с помощью электропривода с широким диапазоном регулирования частоты вращения. Возможно также уменьшение числа ступеней механической передачи до 2 при наличии электропривода с ограниченным диапазоном регулирования частоты вращения.

При бесступенчатом изменении скорости подъема упрощается конструкция и, следовательно, снижается стоимость лебедки, однако ее привод становится сложнее и дороже; при ступенчатом изменении повышаются сложность и стоимость лебедки, но уменьшается сложность и стоимость привода.

1. В выпускавшихся ранее буровых установках электропривод лебедки осуществлялся асинхронными двигателями с фазным ротором. Применение асинхронных короткозамкнутых и синхронных двигателей для привода лебедок ограничивается тем, что эти двигатели не допускают большой частоты включений, необходимой для выполнения главных и вспомогательных операций при спуске и подъеме труб, а системы их управления не позволяют получать простыми и надежными средствами плавный разгон, реверсирование и снижение частоты вращения привода.

2.В ряде буровых установок для привода лебедки оказалось возможным использовать в сочетании с электромагнитными муфтами синхронные двигатели, работающие в режиме постоянного вращения.

Для электропривода буровой лебедки в отечественных буровых установках находят применение асинхронные двигатели с фазным ротором серий АКБ, АКЗ и АКСБ, синхронные СДБО, СДБМ.

3.В результате технико-экономического сравнения вариантов электропривода буровой лебедки наиболее целесообразным является электропривод постоянного тока. Такой электропривод можно выполнить безредукторным. Его применение позволяет существенно упростить конструкцию лебедки и исключить ряд звеньев (цепные передачи, подшипники, шинно-пневматические муфты), наиболее сильно подверженных износу. Благодаря связи приводного двигателя непосредственно с барабаном лебедки двигатель можно использовать и в качестве электротормоза. Электропривод постоянного тока для лебедок буровых установок широко используется в настоящее время на современных буровых с применением надежных и дешевых, мощных тиристорных преобразователей. Для электроприводов буровых лебедок на постоянном токе разработаны электродвигатели в буровом исполнении: серии МПЭ мощностью 500 и 560 кВт, серии 4ПС мощностью 750 кВт,1000 кВт.

Расчет мощности Рдл двигателей лебедки связан с некоторыми трудностями, так как при спуско-подъемных операциях двигатели работают в повторно-кратковременном режиме с переменной продолжительностью цикла и переменным моментом статического сопротивления на валу. Поэтому сначала по основным параметрам буровой лебедки, пользуясь приближенными формулами, ориентировочно определяют Рдл. Затем, выбрав двигатель и рассчитав его действительную нагрузочную диаграмму с учетом производства вспомогательных операций, выполняют проверочный расчет мощности методом эквивалентного тока или момента.

Для предварительного определения требуемой мощности Р (кВт) двигателя наиболее простой является формула.

**Рдл= Qн Vкр**

**η пу кп**

где **QН** - номинальная грузоподъемность на крюке, кН;

**Vкр** -установившаяся скорость подъема крюка с номинальной нагрузкой, соответствующая оптимальному значению мощности, м/с;

**ηпу** = - КПД подъемной установки от вала двигателя до крюка при номинальной грузоподъемности (0,7-0,8);

**кп** = - коэффициент возможной перегрузки двигателей (1,3-1,45).

Выбрав предварительно электродвигатель по каталогу делают проверочный расчет. Эквивалентная мощность Рэк (кВт) определяется по формуле:

**Рэк=** **с Qн Vкр√tп/(tп +β tв)**

**ηмех**

где **с** – коэффициент, учитывающий уменьшение веса труб при подъеме (0.9);

**ηмех** – механический кпд передачи от двигателя до крюка (0,7-0,75);

**tп –** время поднятия одной свечи ( с);

**tв -** время вспомогательных операций за цикл подъема полной свечи ( 40с при наличии АСП, 100с при отсутствии АСП);

**β -** коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения электродвигателя при его остановках (0,5). Если электродвигатель имеет принудительное охлаждение или вращается во время цикла,а включение нагрузки осуществляется муфтами β= 1,0.

Выбранный электродвигатель должен удовлетворять условию Рн**≥**Рэк.

Технические данные асинхронных электродвигателей с фазным ротором привода буровых лебедок.

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Мощность,Рн кВт | Частота вращения, об/мин | KПД, % | cos φ | Ток статора Iн, А | Напряжение Uн, кВ |
| АКБ-12-39-6У2 | 315 | 1000 | 91.5 | 0.87 | 37,5 | 6 |
| АКБ-13-62-8У2 | 560 | 750 | 94.2 | 0.84 | 59,0 | 6 |
| АКБ-114-6 | 320 | 980 | 92,5 | 0,88 | 445 | 0,5 |
| АКСБ-15-44-6 | 630 | 985 | 94,7 | 0,85 | 75,3 | 6 |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Мощность,  кВт | Частота,  об/мин | Напряжение, В | Частота сети, Гц | КПД, % | cos φ | Ток статора, А |
| |  | | --- | | АКЗ 12-49-6УХЛ4 | | 400 | 1000 | 6000, 3000 | 50 | 93 | 0.87 | 48,0 |
| |  | | --- | | АКЗ 12-41-4УХЛ4 | | 500 | 1500 | 6000, 3000 | 50 | 93.5 | 0.89 | 56,0 |
| |  | | --- | | АКЗ 12-39-6УХЛ4 | | 320 | 1000 | 6000, 3000 | 50 | 92.5 | 0.86 | 38,2 |
| |  | | --- | | АКЗ 12-35-6УХЛ4 | | 250 | 1000 | 6000, 3000 | 50 | 92 | 0.85 | 31,3 |

Технические данные электродвигателей постоянного тока привода буровых лебедок

Таблица 3.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Мощность, кВт | Напряжение, В | Частота вращения, об/мин | Масса, кг |
| 4ПП-450-28 ОМ2 | 1000 | 800 | 1000/1250 | 4960 |
| 4ПС-450-750 УХЛ2 | 750 | 800 | 1000/1500 | 4700 |
| 4ПС-450-1000 УХЛ2 | 1000/800 | 800 | 1000/1500 | 5150 |
| 4ПМ-450-710 ОМ2 | 710 | 800 | 1000/1500 | 5170 |
| 4ПМ-450-1000 ОМ2 | 1000/800 | 800 | 1000/1500 | 5790 |

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Возбуждение | Номин. мощн. | Номин. напр., В | Номин. ток, А | Частота вращения номин./макс., об/мин | Масса, кг |
| МПЭ 350-900 | независ. | 350 | 440 | 855 | 900/1500 | 3585 |
| МПВЭ 400-400 | независ. | 400 | 440 | 990 | 400/1250 | 6350 |
| МПЭ 450-900 | независ. | 500 | 440 | 1090 | 900/1200 | 4280 |
| МПЭ 500-500 | независ. | 560 | 440 | 1370 | 500/1000 | 6450 |
| МПЭ 450-29 | независ. | 600 | 440 | 1355 | 32/40 | 3200 |

Технические данные синхронных электродвигателей.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Мощность,  кВт | Частота,  об./мин | Напряжение,  кВ | КПД, % | cos φ | Iн,А | Кратность пускового тока |
| |  | | --- | | [СДБМ 99/46 -8УХЛ2](http://www.roel-etk.ru/cgi/mcgi/mot_cat.cgi?producer=1&series=%D1%C4%C1%CC#24) | | 630 | 750 | 6 | 94,7 | 0,9 | 71 | 6,8 |
| |  | | --- | | [СДБМ 99/39 -8УХЛ2](http://www.roel-etk.ru/cgi/mcgi/mot_cat.cgi?producer=1&series=%D1%C4%C1%CC#24) | | 500 | 750 | 6 | 94,3 | 0,9 | 57 | 6 |
| СДБО-99/49-8А | 630 | 750 | 6 | 94,5 | 0,9 | 71 | 6,8 |
| СДБО-99/42-8 | 500 | 750 | 6 | 94 | 0,9 | 57 | 6 |

Задача № 1(*пример выполнения*)

Выбрать электродвигатель привода буровой лебедки БУ-75, бурого станка БУ-75БрЭ.

Технические данные:Qн = 750 кН; Vкр =0,37 м/с.

***Порядок выполнения****.*

Делаем предварительный расчет мощности электродвигателя Рд

Рдл= Qн Vкр = 750\*0,37 = 283,16 кВт.

η пу кп0,7\*1,4

Из условия Рн**≥**Рдл выбираем из таблицы 1 асинхронный электродвигатель с фазным ротором типа АКБ-12-39-6У2, Рн=320кВт, Uн = 6кВ, электропривод лебедки осуществлялся асинхронным двигателем с фазным ротором с двухступенчатым регулированием скорости .

Делаем проверку выбранного электродвигателя по эквивалентной мощности.

Рэк= с Qн Vкр √tп/(tп +β tв) ;

ηмех

Зная длину свечи и скорость подъема, определяем время подъема на высоту одной свечи: tп = L/Vкр= 25/0,37 = 67.57сек. Поскольку принудительного охлаждения электродвигателя нет β=0,5. АСП отсутствует на данном буровом станке, следовательно tв = 100.

Рэк = 0,9\*750\*0,37 **√**67,57**/**(67,57 + 0,5\*100) = 263,625 кВт.

0,72

Выбранный электродвигатель удовлетворяет условию Рн**≥**Рэк.

В конце решения необходимо обосновать выбор типа электродвигателя и представить его технические характеристики в виде таблицы.

**Задача 2**.

Рассчитать мощность и выбрать электродвигатель для привода бурового насоса. Определить ток электродвигателя. Исходные данные приведены в таблице 2. ПРИЛОЖЕНИЯ 2

**Теоретические сведения**

Буровые насосы  в случае роторного бурения служат для создания потока промывочной жидкости (бурового раствора) через вертлюг, бурильные трубы к забою скважины и через затрубное пространство к устью скважины. При этом поток жидкости способствует разрушению породы на забое и обеспечивает вынос на поверхность частиц разбуренной породы. При применении гидравлических забойных двигателей (турбобур, винтовой двигатель) промывочная жидкость служит также рабочим агентом для вращения забойного двигателя.

1.В электрифицированных буровых установках для *нерегулируемого привода* буровых насосов применяются синхронные двигатели (Таблица 1)

Более полное использование мощности бурового насоса при *регулируемом электроприводе* практически выражается в том, что при том же значении допустимого давления в нагнетательной системе, подача бурового насоса будет больше, чем при нерегулируемом электроприводе. Благодаря этому при всех видах бурения улучшается очистка забоя, что приводит к увеличению механической скорости бурения, а также обеспечивается возможность повышения скорости бурения вследствие использования более высокой нагрузки на долото. Одновременно возрастает проходка на долото, так как уменьшается степень повторного разрушения породы.

2.Для привода буровых насосов установок, рассчитанных на средние глубины бурения, используют систему электропривода с частичным регулированием скорости по схеме *асинхронного вентильного каскада* , обеспечивающего экономичное регулирование скорости в основных рабочих режимах в пределах от 100 до 50 *%* номинальной, причем энергия скольжения возвращается в электрическую сеть. При этом под частично регулируемым понимают электропривод, обеспечивающий плавный пуск и кратковременное или в ограниченном диапазоне экономичное регулирование скорости. Электродвигатели применяемые для данной системы привода -типа АКСБ (Таблица 2).

3.Регулируемый электропривод бурового насоса по системе *тиристорный преобразователь — двигатель (ТП — Д)* в настоящее время широко используется на отечественных буровых установках, оснащенных индивидуальными электроприводами основных механизмов на постоянном токе. Для электроприводов буровых насосов на постоянном токе разработаны электродвигатели в буровом исполнении: серии МПЭ мощностью 500 и 560 кВт, серии 4ПС мощностью 750 кВт,1000 кВт.

 Электродвигатели применяемые для данной системы привода приведены в Таблицах 3,4.

Мощность электродвигателя бурового насоса P, может быть определена по формуле:

**P** **=** **φп Qт *p a*** ;

**ηнηпн**

где **φп** –коэффициент подачи (0,9);

**Qт** –максимальная теоретическая производительность насоса, м/с;

***р*** *–* полное давление нагнетания при максимальной производительности, кПа

***a*** - коэффициент, учитывающий возможность длительной перегрузки насоса, (1,05-1,1)

**ηн**- полный кпд насоса;

**ηпн**-кпдпередач междуэлектродвигателем и насосом (0,9-1,0).

Поскольку режим работы насоса продолжительный, двигатель насоса выбирают так, чтобы его номинальная мощность была несколько больше мощности, вычисленной по формуле Рн**≥**Р.

Номинальная частота вращения двигателя определяется кинематикой насоса и клиноременной передачи. Для существующих поршневых насосов она составляет 750 или 1000 об/мин.

Технические данные синхронных электродвигателей привода буровых насосов.

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Мощность,  кВт | Частота,  об./мин | Напряжение,  кВ | КПД, % | cos φ | Iн,А | Кратность пускового тока |
| |  | | --- | | [СДБМ 99/46 -8УХЛ2](http://www.roel-etk.ru/cgi/mcgi/mot_cat.cgi?producer=1&series=%D1%C4%C1%CC#24) | | 630 | 750 | 6 | 94,7 | 0,9 | 71 | 6,8 |
| |  | | --- | | [СДБМ 99/39 -8УХЛ2](http://www.roel-etk.ru/cgi/mcgi/mot_cat.cgi?producer=1&series=%D1%C4%C1%CC#24) | | 500 | 750 | 6 | 94,3 | 0,9 | 57 | 6 |
| СДБО-99/49-8А | 630 | 750 | 6 | 94,5 | 0,9 | 71 | 6,8 |
| СДБО-99/42-8 | 500 | 750 | 6 | 94 | 0,9 | 57 | 6 |

Технические данные асинхронных электродвигателей привода буровых насосов

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип дигателя | Мощ- ность, кВт | Напряжение статора/ ротора, В | Частота вращения (синхр), об/мин | КПД, % | cos φ | Масса, кг |
| АКСБ 15-44-6-6 | 630 | 6000/780 | 1000 | 94,7 | 0,85 | 4000 |
| АКСБ 15-54-6-6 | 800 | 6000/950 | 94,9 | 0,86 | 4400 |
| АКСБ 15-69-6-6 | 1000 | 6000/1130 | 95,3 | 0,87 | 4950 |

Технические данные электродвигателей постоянного тока привода буровых насосов.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Мощность, кВт | Напряжение, В | Частота вращения, об/мин | Масса, кг |
| 4ПП-450-28 ОМ2 | 1000 | 800 | 1000/1250 | 4960 |
| 4ПС-450-750 УХЛ2 | 750 | 800 | 1000/1500 | 4700 |
| 4ПС-450-1000 УХЛ2 | 1000/800 | 800 | 1000/1500 | 5150 |
| 4ПМ-450-710 ОМ2 | 710 | 800 | 1000/1500 | 5170 |
| 4ПМ-450-1000 ОМ2 | 1000/800 | 800 | 1000/1500 | 5790 |

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Возбуждение | Номин. мощн. | Номин. напр., В | Номин. ток, А | Частота вращения номин./макс., об/мин | Масса, кг |
| МПЭ 350-900 | независ. | 350 | 440 | 855 | 900/1500 | 3585 |
| МПВЭ 400-400 | независ. | 400 | 440 | 990 | 400/1250 | 6350 |
| МПЭ 450-900 | независ. | 500 | 440 | 1090 | 900/1200 | 4280 |
| МПЭ 500-500 | независ. | 560 | 440 | 1370 | 500/1000 | 6450 |
| МПЭ 450-29 | независ. | 600 | 440 | 1355 | 32/40 | 3200 |

Задача № 2(*пример выполнения*).

Определить мощность и выбрать электродвигатель бурового насоса по схеме не регулированного привода.

Технические данные насоса:Qт = 38 л/с; *р* = 98 кг/ см2;ηн =0,8; ηпн= 0,96. Электродвигатель с насосом соединен клиноременной передачей.

***Порядок выполнения****.*

Мощность на валуэлектродвигателя определяем по формуле:

P = φп Qт *p a*

ηнηпн

P = 0,9\*38\* 10-3\*98\*102\*1,1 = 436 кВт

0,8\*0,96

Из условия Рн**≥**Р выбираем синхронный электродвигатель СДБМ-99/39-8УХЛ2, для ***нерегулируемого привода*** бурового насоса . Технические характеристики электродвигателя приведены таблице 1.

В конце решения необходимо обосновать выбор типа электродвигателя и представить его технические характеристики в виде таблицы.

**Задача 3**.

Выбрать трансформатор для электробура. Выполнить проверку по току вторичной обмотки трансформатора. Исходные данные приведены в таблице 3 ПРИЛОЖЕНИЯ 1.

**Теоретические сведения**

Электробур представляет собой погружной вращающийся агрегат, предназначенный для бурения вертикальных, наклонно направленных и разветвлено-горизонтальных нефтяных и газовых скважин. Привод электробура осуществляется специальным асинхронным погружным маслонаполненным двигателем с короткозамкнутым ротором мощностью до 210 кВт, напряжением до 2500 В, частотой 50 Гц. Питание электробура осуществляется с помощью двухжильных кабельных секций, размещенных внутри металлических бурильных труб, используемых в качестве третьего провода.

Трансформатор, питающий двигатель электробура обеспечивает подачу необходимого напряжения на статор электродвигателя с учетом потерь напряжения в кабеле зависящих от его длины. Для этой цели применяются трансформаторы ТМБ500/6 и ТМТБ560/6 . Трансформаторы имеют отводы на первичной и вторичной обмотках, необходимое напряжение устанавливается с помощью переключателей смонтированных внутри трансформаторов. У трансформатора ТМБ500/6(ТМБ1000/6) вторичное напряжение регулируется в пределах 1100-1683В девятью ступенями, пределы регулирования мощности 330-500 кВА.

Трансформатор ТМТБ560/6 - трехобмоточный. Его обмотка среднего напряжения предназначена для подключения электробура. Пределы регулирования напряжения 1085-2270В. Пределы регулирования мощности 270-560 кВА. Обмотка низшего напряжения предназначена для подключения электродвигателя буровой лебедки на 500В, а так же использовать электробур на буровых станках с дизельным приводом, (используя режим обратной трансформации) подключая к ней напряжение 380В от ДЭС.

Трансформатор для питания электродвигателя электробура выбирается по полной мощности электродвигателя Sн,кВА.

**Sн ≤ Sн.тр**.

**Sн =√3\*Iн\*Uн\*10-3**;

где Sн-полная номинальная мощность электродвигателя, кВА;

Sн.тр- полная мощность трансформатора, кВА;

Iн – номинальный ток электродвигателя, А;

Uн- номинальное напряжение электродвигателя, В.

При выборе трансформатора, номинальное напряжение на его вторичной обмотке выбирается с учетом падения напряжения в кабеле.

**U2н = Uн + ΔU**

где ΔU- потери напряжения в кабеле, В.

**ΔU = √3\* Iн\*L(Rоcos φ + Xо sinφ)**;

где L-длина кабеля, км;

Rо – активное сопротивление 1км кабеля, Ом/км;

Xо – реактивное сопротивление 1км кабеля, Ом/км;

cos φ = Рн/ Sн –коэффициент мощности электродвигателя.

Выбор трансформатора выполняется по условию: Uн.тр**≤** U2н **≤**Uв.тр

где Uн.тр -низший уровень напряжения;

Uв.тр - высший уровень напряжения. где

После выбора трансформатор проверяют по току вторичной обмотки по условию Iн. **≤** I2н.,

где Iн –номинальный ток электродвигателя;

I2н. –номинальный ток вторичной обмотки трансформатора.

**I2н = Sн.тр \* 103**

**√3 U2н**

Задача № 3 (пример выполнения).

Выбрать трансформатор для электробура Э-290-12, имеющего параметры Рн = 240кВт, Uн =1750В, Iн. =165А. Длина кабеля L= 2,1км, активное и реактивное сопротивление Rо=0,53 Ом/км, Xо=0,08 Ом/км.

***Порядок выполнения****.*

Определяем полную номинальную мощностьэлектродвигателя Sн, кВА.

Sн =**√**3\*Iн\*Uн\*10-3 = 1,73\*165\*1750\*10-3= 499,54кВА.

Определяем номинальное напряжение на вторичной обмотке трансформатора, для чего определяем потери в кабеле.

cos φ = Рн/ Sн = 240/499,54 = 0,48; sinφ = √ 1 - cos 2φ = √1 – 0, 482 = 0,87.

ΔU = **√**3\* Iн\*L(Rоcos φ + Xо sinφ) = 1,75\*165\*2,1(0,53\*0,48+0,08\*0,87) = 193,86 В.

U2н = Uн + ΔU = 1750 + 193,86 = 1943,86 В.

Выбираем трансформатор по условиям:

Sн **≤** Sн.тр, 499,54 кВА < 560 кВА.

Uн.тр**≤** U2н **≤**Uв.тр, 1085<1943,86<2270.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Sн.тр | Uниз | Uвыс |
| ТМТБ 560/6 | 560 | 1085 | 2270 |
| ТМТБ 1000/6 | 1000 | 1085 | 2270 |

Проверяем выбранный трансформатор по номинальному току вторичной обмотки.

I2н = Sн.тр \* 103 =560\*103 = 166,5 А.

**√**3 U2н 1,73\*1943,86

Условие Iн. **≤** I2н. выполняется 165А **≤** 166,5А.

**Задача 4**.

Рассчитать мощность электродвигателя станка-качалки по упрощенной формуле. Выбрать тип и определить ток электродвигателя. Исходные данные приведены в таблице 4 ПРИЛОЖЕНИЯ 2.

**Теоретические сведения**

В глубиннонасосной установке плунжерный глубинный насос 1 подвешивается на колонне насосных труб 3; при помощи колонны штанг 4 плунжеру насоса сообщается возвратно-поступательное движение с передачей энергии от балансира 7 станка-качалки. Станок-качалка с электродвигателем 12 и редуктором 10 преобразует вращательное движение в возвратно-поступательное движение балансира.

Мощность электродвигателей для привода станкос-качалок составляет 1,7-55 кВт.

Чтобы определить мощность электродвигателя для привода станка-качалки, необходимо знать подачу насоса и глубину его подвеса, а также некоторые параметры насоса и станка.

Существует несколько формул для определения мощности.

Остановимся на трех из них, дающих достаточно хорошие результаты при выборе двигателей по нагреву, для станков-качалок нормального ряда.

Рассчитать мощность электродвигателя станка-качалки по упрощенной формуле.

Упрощенная формула:

**Рэ** = **Gж U**

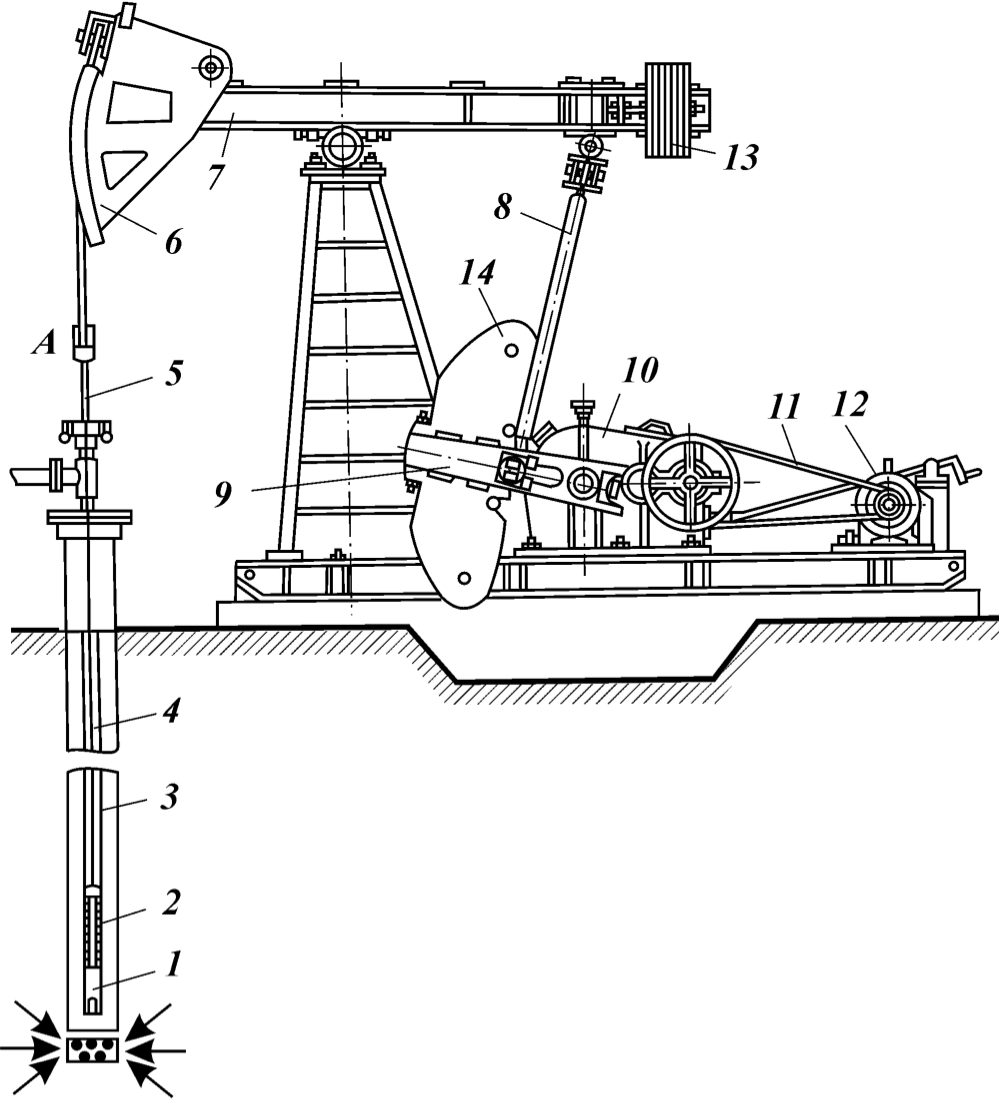
**1000****η*мех***

где Gж-вес столба жидкости над плунжером;

**Gж = 0,785× d2×ρ×g×H**

d – диаметр плунжера, м; ρ – плотность жидкости, кг/м2; g – ускорение свободного падения, м/с; 2 H – глубина погружения насоса, м; U – линейная скорость движения жидкости в насосных трубах U = s**×**n/30; s – длина хода плунжера(устевого штока), м; n – количество качаний в минуту, кач/мин; η*мех –*механический кпд,(0,88-0,92).

Для привода станков-качалок нибольшее распространение получили асинхронные короткозамкнутые двигатели в закрытом обдуваемом исполнении с синхронной частотой вращения вала 1500 об/мин.



***Основные технические данные электродвигателей серии АИР на 380В для привода станков-качалок.***

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Электродвигатель | Мощность кВт | Об/мин. | Ток при 380В, А | KПД, % | Kоэф. мощн. | Iп/ Iн | Масса, кг |
| [АИР 80 В4](http://electronpo.ru/dvigatel_air80b) | 1,5 | 1500 | 3,9 | 78,5 | 0,80 | 5,3 | 14,7 |
| [АИР 90 L4](http://electronpo.ru/dvigatel_air90l) | 2,2 | 1500 | 5,3 | 80 | 0,79 | 6,0 | 19,7 |
| [АИР 100 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air100s) | 3 | 1500 | 7,2 | 82 | 0,82 | 7,0 | 34,0 |
| [АИР 100 L4](http://electronpo.ru/dvigatel_air100l) | 4 | 1500 | 9,3 | 85 | 0,84 | 7,0 | 29,2 |
| [АИР 112 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air112m) | 5,5 кВт | 1500 | 11,3 | 85,5 | 0,86 | 7 | 45 |
| [АИР 132 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air132s) | 7,5/7,6 кВт | 1500 | 15,1 | 87,5 | 0,86 | 7,5 | 70 |
| [АИР 132 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air132m) | 11 кВт | 1500 | 22,2 | 88,5 | 0,85 | 7,5 | 84 |
| [АИР 160 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air160s) | 15 кВт | 1500 | 29 | 89 | 0,87 | 7 | 120 |
| [АИР 160 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air160m) | 18,5 кВт | 1500 | 35 | 90 | 0,89 | 7 | 142 |
| [АИР 180 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air180s) | 22 кВт | 1500 | 42,5 | 90,5 | 0,87 | 7 | 160 |
| [АИР 180 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air180m) | 30 кВт | 1500 | 57 | 92 | 0,87 | 7 | 190 |
| [АИР 200 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air200m) | 37 кВт | 1500 | 68,3 | 92,5 | 0,89 | 7,5 | 230 |
| [АИР 200 L4](http://electronpo.ru/dvigatel_air200l) | 45 кВт | 1500 | 83,1 | 92,5 | 0,89 | 7,5 | 200 |
| [АИР225М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air225m) | 55 кВт | 1500 | 101 | 93 | 0,89 | 7 | 325 |

***Технические данные синхронных двигателей для станков-качалок***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | СДБ31-4Н | СДБ41-4Н | СДБ5l-4 | СДБ71-4Н | СДБ81-4Н |
| Мощность, кВт | 1,5 | 3 | 5,5 | 11 | 20 |
| КПД | 0,78 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,91 |

Задача № 4. (пример выполнения)

Выбрать электродвигатель привода станка-качалки, если S = 3м, d =44мм, H=1000м,

n = 12 кач/мин, р = 920кг/м3, η*мех* = 0,9

***Порядок выполнения****.*

Расчет мощности проведем по упрощенной формуле.

Рэ = Gж U

1000η*мех*

Gж = 0,785**×** D2**×**p**×**g**×**H = 0,785**×** 0,0442**×**1000**×**920**×**9,81 = 13716,14Н;

U = s**×**n/30 = 3**×**12/30 = 1,2м/с.

Рэ = 13716,14**×**1,2 = **18,29кВт**.

1000**×**0,9

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка | Рн кВт | n об/мин | кпд | cos φ | Ток Iном(А) |
| АИР160М4 | 18,5 | 1500 | 0,9 | 0,89 | 35 |

**Задача 5**.

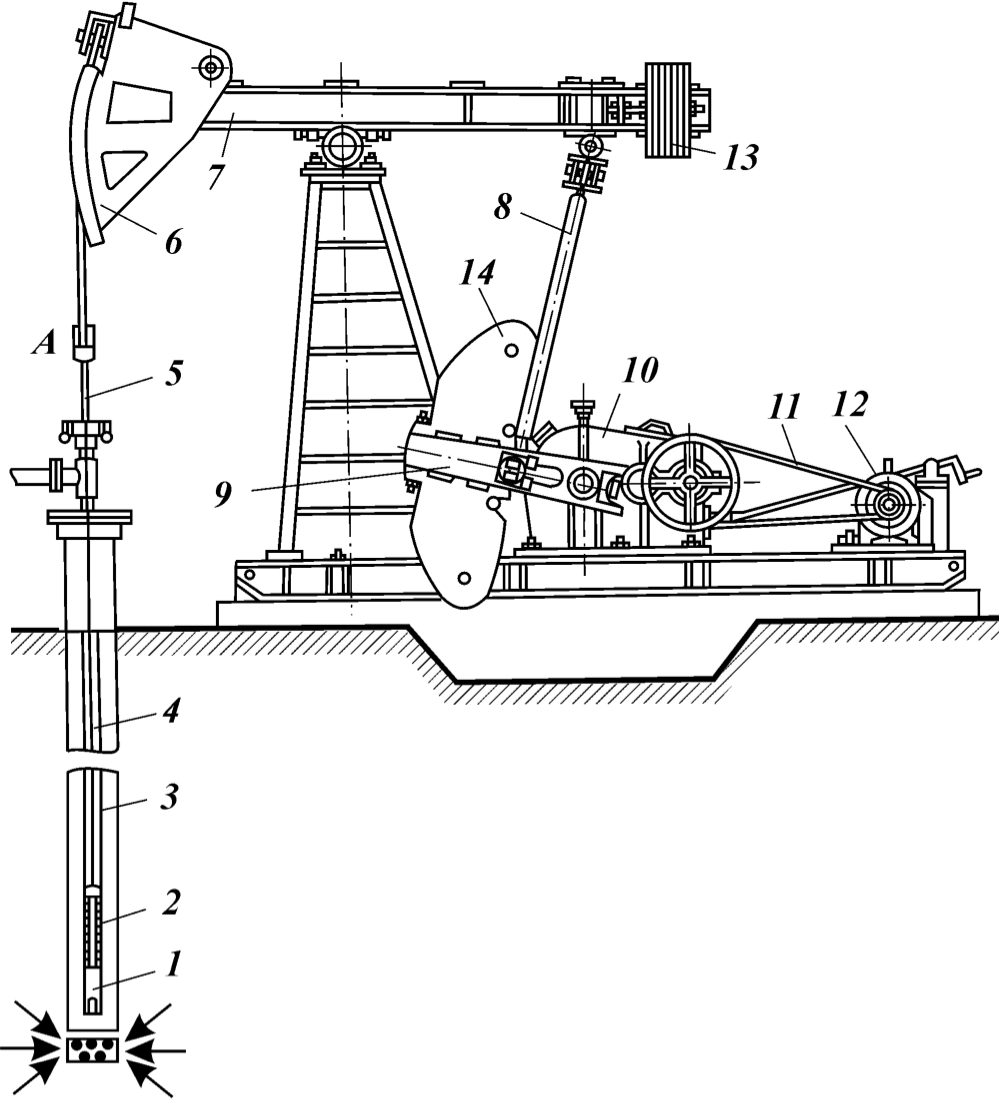
Рассчитать мощность электродвигателя станка-качалки по формуле Б.М.Плюща и В.О.Саркисяна. Коэффициент К2 определить расчетным путем. Исходные данные приведены в таблице 5 ПРИЛОЖЕНИЯ 2.

В глубиннонасосной установке плунжерный глубинный насос 1 подвешивается на колонне насосных труб 3; при помощи колонны штанг 4 плунжеру насоса сообщается возвратно-поступательное движение с передачей энергии от балансира 7 станка-качалки. Станок-качалка с электродвигателем 12 и редуктором 10 преобразует вращательное движение в возвратно-поступательное движение балансира.

Мощность электродвигателей для привода станков-качалок составляет 1,7-55 кВт.

Чтобы определить мощность электродвигателя для привода станка-качалки, необходимо знать подачу насоса и глубину его подвеса, а также некоторые параметры насоса и станка.

Существует несколько формул для определения мощности.



Согласно формуле ***Б.М. Плюща и В.О. Саркисяна*** эффективная мощность электродвигателя

**Pэ =** **(K1 + K2×G×S)n**

**ηп**

где G - масса столба жидкости над плунжером, определяемая полной площадью плунжера и высотой подачи жидкости, кг;

S - длина хода устьевого штока(плунжера), м;

n - число качаний в секунду;

ηп - КПД передачи от вала электродвигателя к валу кривошипа, которым учитываются потери в редукторе и клиноременной передаче (0,96-0,98);

К1 - коэффициент, зависящий от типа станка-качалки;

К2 - коэффициент, значение которого может быть определено для насосов диаметром 28-120 мм по формуле:

**К2= 1,26×10-2 √ 0,28× ( 1+ 3.6× S n 2×105 ) 2 + *а*п 2,**

**d3**

Здесь d- диаметр плунжера насоса, мм; *а* п - коэффициент подачи установки, представляющий собой отношение фактической подачи установки Qк теоретической подаче QТ определяемой полным объемом, описываемым плунжером при равенстве хода последнего ходу устьевого штока S. Фактически ход плунжера меньше S вследствие деформации штанг и труб. Часть объема, освобождающегося под плунжером при ходе его вверх, остается незаполненной вследствие наличия газа в цилиндре и запаздывания открытия и закрытия клапанов, часть жидкости утекает через неплотности. Значения ***а*п** принимаются для условий нового насоса в пределах **(0,8 – 0,85).**

***Основные технические данные электродвигателей серии АИР на 380В для привода станков-качалок.***

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Электродвигатель | Мощность кВт | Об/мин. | Ток при 380В, А | KПД, % | Kоэф. мощн. | Iп/ Iн | Масса, кг |
| [АИР 80 В4](http://electronpo.ru/dvigatel_air80b) | 1,5 | 1500 | 3,9 | 78,5 | 0,80 | 5,3 | 14,7 |
| [АИР 90 L4](http://electronpo.ru/dvigatel_air90l) | 2,2 | 1500 | 5,3 | 80 | 0,79 | 6,0 | 19,7 |
| [АИР 100 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air100s) | 3 | 1500 | 7,2 | 82 | 0,82 | 7,0 | 34,0 |
| [АИР 100 L4](http://electronpo.ru/dvigatel_air100l) | 4 | 1500 | 9,3 | 85 | 0,84 | 7,0 | 29,2 |
| [АИР 112 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air112m) | 5,5 кВт | 1500 | 11,3 | 85,5 | 0,86 | 7 | 45 |
| [АИР 132 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air132s) | 7,5/7,6 кВт | 1500 | 15,1 | 87,5 | 0,86 | 7,5 | 70 |
| [АИР 132 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air132m) | 11 кВт | 1500 | 22,2 | 88,5 | 0,85 | 7,5 | 84 |
| [АИР 160 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air160s) | 15 кВт | 1500 | 29 | 89 | 0,87 | 7 | 120 |
| [АИР 160 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air160m) | 18,5 кВт | 1500 | 35 | 90 | 0,89 | 7 | 142 |
| [АИР 180 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air180s) | 22 кВт | 1500 | 42,5 | 90,5 | 0,87 | 7 | 160 |
| [АИР 180 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air180m) | 30 кВт | 1500 | 57 | 92 | 0,87 | 7 | 190 |
| [АИР 200 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air200m) | 37 кВт | 1500 | 68,3 | 92,5 | 0,89 | 7,5 | 230 |
| [АИР 200 L4](http://electronpo.ru/dvigatel_air200l) | 45 кВт | 1500 | 83,1 | 92,5 | 0,89 | 7,5 | 200 |
| [АИР225М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air225m) | 55 кВт | 1500 | 101 | 93 | 0,89 | 7 | 325 |

***Технические данные синхронных двигателей для станков-качалок***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | СДБ31-4Н | СДБ41-4Н | СДБ5l-4 | СДБ71-4Н | СДБ81-4Н |
| Мощность, кВт | 1,5 | 3 | 5,5 | 11 | 20 |
| КПД | 0,78 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,91 |

**Задача 6**.

Рассчитать мощность электродвигателя станка-качалки по формуле АЗИНМАША и выбрать тип электродвигателя. Определить циклические значения КПД и коэффициен-та мощности двигателя. Исходные данные приведены в таблице 6 ПРИЛОЖЕНИЯ 2.

**Теоретические сведения**

В глубиннонасосной установке плунжерный глубинный насос 1 подвешивается на колонне насосных труб 3; при помощи колонны штанг 4 плунжеру насоса сообщается возвратно-поступательное движение с передачей энергии от балансира 7 станка-качалки. Станок-качалка с электродвигателем 12 и редуктором 10 преобразует вращательное движение в возвратно-поступательное движение балансира.

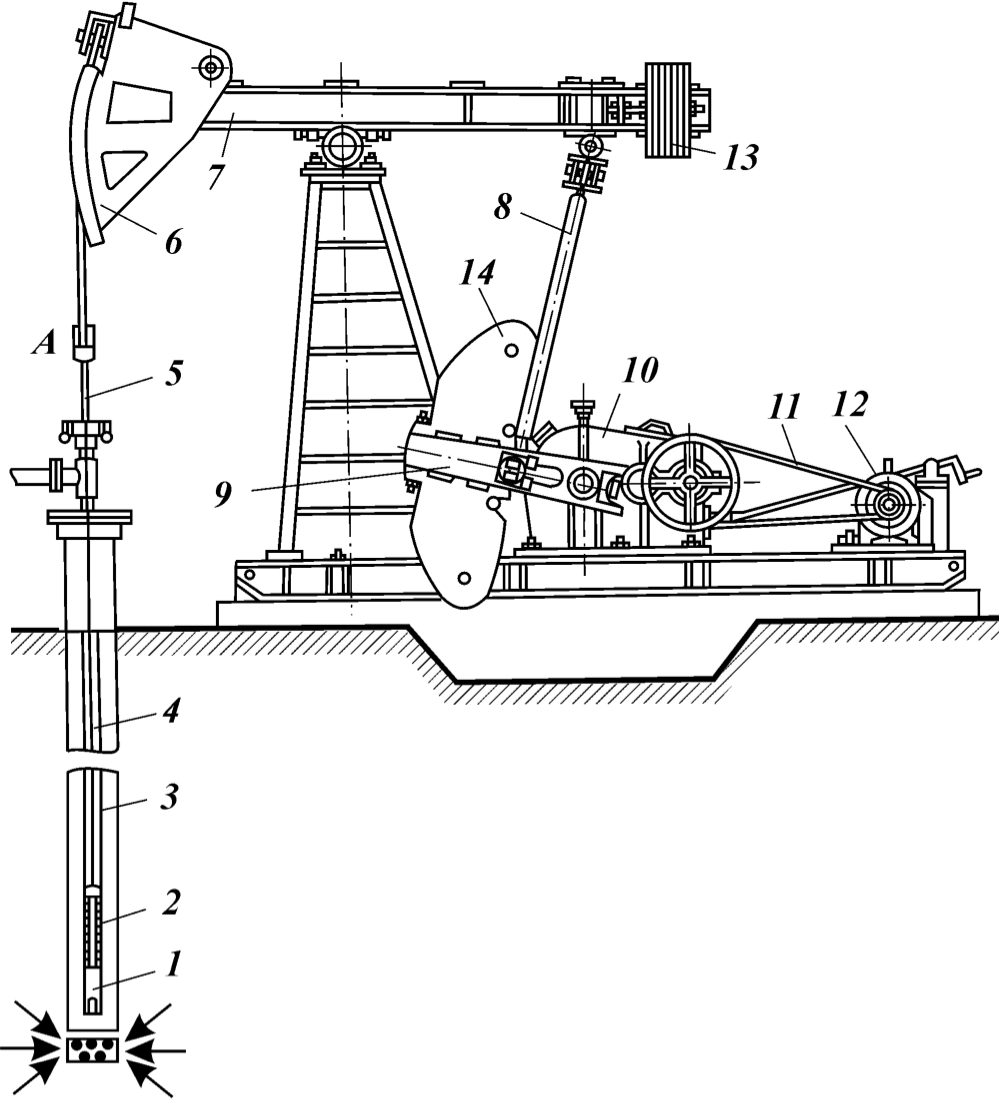
Мощность электродвигателей для привода станкос-качалок составляет 1,7-55 кВт.

Чтобы определить мощность электродвигателя для привода станка-качалки, необходимо знать подачу насоса и глубину его подвеса, а также некоторые параметры насоса и станка.

Существует несколько формул для определения мощности.

Согласно формуле **АЗИНМАША** эффективная мощность электродвигателя равна

**Рэ = 1,7КоКа d2Н S n·10-7 + P0**

где Ко - относительный коэффициент формы кривой вращающего момента на валу электродвигателя, равный отношению фактического коэффициента формы кривой к коэффициенту формы для синусоиды, равному 1,11, т.е. К**0** = Кф/1,11;

Kа - поправочный коэффициент, зависящий от отношения истинного пробега плунжера к длине устьевого штока (учитывающий влияние деформации штанг и труб);

Н - глубина подвеса насоса, м;

P**0** - постоянные потери в станке-качалке, не зависящие от нагрузки (потери "холостого хода"), кВт.

***Основные технические данные электродвигателей серии АИР на 380В для привода станков-качалок.***

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Электродвигатель | Мощность кВт | Об/мин. | Ток при 380В, А | KПД, % | Kоэф. мощн. | Iп/ Iн | Масса, кг |
| [АИР 80 В4](http://electronpo.ru/dvigatel_air80b) | 1,5 | 1500 | 3,9 | 78,5 | 0,80 | 5,3 | 14,7 |
| [АИР 90 L4](http://electronpo.ru/dvigatel_air90l) | 2,2 | 1500 | 5,3 | 80 | 0,79 | 6,0 | 19,7 |
| [АИР 100 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air100s) | 3 | 1500 | 7,2 | 82 | 0,82 | 7,0 | 34,0 |
| [АИР 100 L4](http://electronpo.ru/dvigatel_air100l) | 4 | 1500 | 9,3 | 85 | 0,84 | 7,0 | 29,2 |
| [АИР 112 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air112m) | 5,5 кВт | 1500 | 11,3 | 85,5 | 0,86 | 7 | 45 |
| [АИР 132 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air132s) | 7,5/7,6 кВт | 1500 | 15,1 | 87,5 | 0,86 | 7,5 | 70 |
| [АИР 132 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air132m) | 11 кВт | 1500 | 22,2 | 88,5 | 0,85 | 7,5 | 84 |
| [АИР 160 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air160s) | 15 кВт | 1500 | 29 | 89 | 0,87 | 7 | 120 |
| [АИР 160 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air160m) | 18,5 кВт | 1500 | 35 | 90 | 0,89 | 7 | 142 |
| [АИР 180 S4](http://electronpo.ru/dvigatel_air180s) | 22 кВт | 1500 | 42,5 | 90,5 | 0,87 | 7 | 160 |
| [АИР 180 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air180m) | 30 кВт | 1500 | 57 | 92 | 0,87 | 7 | 190 |
| [АИР 200 М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air200m) | 37 кВт | 1500 | 68,3 | 92,5 | 0,89 | 7,5 | 230 |
| [АИР 200 L4](http://electronpo.ru/dvigatel_air200l) | 45 кВт | 1500 | 83,1 | 92,5 | 0,89 | 7,5 | 200 |
| [АИР225М4](http://electronpo.ru/dvigatel_air225m) | 55 кВт | 1500 | 101 | 93 | 0,89 | 7 | 325 |

***Технические данные синхронных двигателей для станков-качалок***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | СДБ31-4Н | СДБ41-4Н | СДБ5l-4 | СДБ71-4Н | СДБ81-4Н |
| Мощность, кВт | 1,5 | 3 | 5,5 | 11 | 20 |
| КПД | 0,78 | 0,87 | 0, | 0,89 | 0,91 |

Задача № 6(пример выполнения).

Выбрать электродвигатель привода станка-качалки 8СК, если S = 3,5м, d =44мм, H=1200м, n = 10 кач/мин, Кф= 2,9, Kа= 0,91, Ро = 0,3 кВт.

***Порядок выполнения****.*

Определяем эквивалентную мощность по формуле АЗИНМАША.

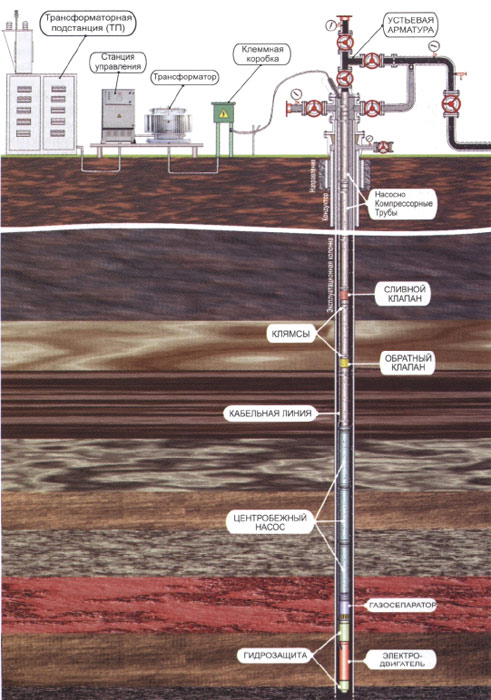
Рэ = 1,7КоКа d2Н S n·10-7 + P0

Ко = Кф/1,11= 2,9/1,11 = 2,62

Рэ= 1,7**×**2,62**×**0,91**×** 442**×**1200**×**3,5**×**10**×**10-7+ 0,3 = **33,7кВт**.

Из условия Рн***>*** Рэ выбираем электродвигатель.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка | Рн | n | кпд | cos φ | Ток Iном |
| 4АР200L4 | 37 | 1500 | 0,92 | 0,89 | 68,3 |



**Задача 7**.

Выбрать электрооборудование (насос, электродвигатель, кабель, трансформатор) бесштанговой насосной установки по параметрам скважины приведенным в таблице 7 ПРИЛОЖЕНИЯ 2.

**Теоретические сведения.**

Погружные бесштанговые центробежные насосы используют для механизированной добычи жидкости из скважины и приводятся в действие электродвигателем, помещенным в скважине совместно с насосом. Благодаря этому устраняется длинная движущаяся механическая связь (штанги) между приводом и насосом, входящая как основной элемент в глубиннонасосную установку с плунжерными насосами. Это позволяет повысить мощность погружного насоса, т.е. его напор и подачу, применять центробежный тип насоса, наиболее подходящий для высоких отборов жидкости из скважины. Полезные мощности бесштанговых насосов, достигаемые при эксплуатации скважин, в 1,5- 3 раза больше, чем мощности штанговых. Вместе с тем при использовании бесштанговых насосов, хотя и упрощается комплекс сооружений на поверхности, но существенно усложняется погружное оборудование.

В колонне труб выше насоса установлен обратный клапан , предназначенный для удерживания столба жидкости при остановке насоса и облегчения условий последующего пуска. Выше обратного клапана расположен спускной клапан , обеспечивающий слив жидкости при подъеме агрегата.

Рис. Бесштанговая насосная установка с погружными центробежным насосам.

Погружной насос имеет большое число ступеней, каждая из которых состоит из рабочего колеса и направляющего аппарата, собранных на валу и вставляемых в стальную трубу - корпус насоса. Нижняя часть насоса с полостью всасывания жидкости отделена от протектора и двигателя сальником.

Промышленностью выпускаются центробежные насосы ЭЦН около 30 типоразмеров с подачей от 40 до 500 мЗ / сут и номинальным напором 445-1480 м.

Для работы в сильнообводненных скважинах с содержанием в жидкости повышенных количеств песка разработаны и внедрены в эксплуатацию износостойкие насосы ЭЦН с некоторыми конструктивными изменениями (применены резина, пластмасса, хромистые стали), повышающими стойкость насоса против износа и коррозии.

**а)**Насос выбирают в зависимости от параметров скважины по условииям:

**Qcк = Qн;** и **Нcк = Нн**

где **Qcк**- дебит скважины, **м3/сут**;

**Нск** - напор необходимый для подъема жидкости из скважины, **м**;

**Qh** - номинальная подача насоса, **м3/сут**;

**Нн** - номинальный напор насоса, **м**.

Напор необходимый для поднятия жидкости из скважины Нск, определяется, как:

**Нск=Но+ ΔНg+hтр+Нг+Нт**

где **Но** - статический уровень жидкости в скважине, **м**;

**ΔНg** - депрессия, **м**.

**ΔНg = 10**×**Qcк ;**

**К**

где **К** -коэффициент продуктивности скважины, **м3/сут.м**.

**hтр** - потеря напора из-за трения жидкости о стенки труб, **Па**.

**hтр =1,08 · 10-7 λ(L+l)** · **Qcк2 ;**

**d5**

где **λ** - коэффициент трения в насосных трубах;

**L** - глубина погружения насоса, м;

**1** - расстояние от устья скважины до сепаратора, м;

**d** - диаметр насосных труб, м.

**1МПа** = **100 м** столба жидкости.

**L=Hg+(50**÷**100)**

где **Hg** - динамический уровень, м.

**Hg=Ho+ ΔHg**

**Hг** - разность геодезических уровней скважины и сепаратора, **м**;

**Нт** - потеря напора в трапе, **м**.

При выборе насоса необходимо соблюдение условия **Qcк = Qн**; или **Нcк = Нн** , выполнение этих условий выполняется тем, что с насоса снимают некоторое количество ступеней чтобы уменьшить его напор. Таким образом характеристику насоса можно приблизить к условной характеристике скважины. Число ступеней, которые нужно снять с насоса для получения необходимого напора, найдем по формуле:



где Zh - число степеней, шт.

**Z1=Zh-ΔZ**

Вместо снятых ступеней устанавливаются проставки.

Исходные данные приведены в таблице 7 ПРИЛОЖЕНИЯ 2.

***Пример расчета:***

Задача №7.

Исходные данные.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. Глубина скважины | (м) | 1800. |
| 2. Дебит скважины (Qcк) | (м3 /сут) | 160. |
| 3. Статический уровень (Но) | (м) | 640. |
| 4. Коэффициент продуктивности (К) | (м3/сут.м) | 6,2. |
| 5. Коэффициент сопротивления (λ) |  | 0,035. |
| 6. Расстояние до сепаратора (1) | (м) | 40. |
| 7. Разность геодезических отметок(Hг) | (м) | 2,5. |
| 8. Плотность нефти | (кг/м3) | 850. |
| 9. Диаметр труб (d) | (мм) | 50. |
| 10. Потери в трапе (Нт) | (м) | 10 |

1. По исходным данным определить мощность и тип насоса.

ΔHg = 10· Qcк = 10×160 = 258,06м.

К 6,2

Hg=Ho+ ΔHg= 640+258,06=898,06 м;

L= Hg+(50÷100)=898,06+51,94=950м;

hтр = 1,08 × 10-7 λ(L+l)× Qcк2 =1,08×10-7 0,035(950 +40) 1602 =0,30 МПа.= 30м. ст.жид.

d53,125×10-7

Нск=Но+ ΔНg+hтр+Нг+Нт= 640+258,06+30+2,5+10=940,56м.ст.жид.

2. Выбираем насос ЭЦН5-200-800:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Дебит | Напор | кпд | Число ступеней ,шт. | Температура жидкости, t С |
| м3/сут | м | % |  |  |
| 145-250 | 970-445 | 49 | 227 | 55 |

Qcк= 160 < Qн=250;

Нск= 940,56 < Нн= 970

**б)** Мощность погружного электродвигателя должна соответствовать параметрам выбранного насоса, а его номинальная подача **Q** и напор **Н** - оптимальному дебиту скважины и полному напору, требуемому для подъема жидкости. Величины **Q** и **Н**определяются точкой пересечения характеристики насоса и скважины. В каталоге насосов указывается и соответствующий данному типу насоса электродвигатель. Например, насосу 1ЭЦН6-500-450 с номинальной подачей Q =500 м3/сут и номинальным напором Н = 445 м соответствует двигатель ПЭД-46-123 номинальной мощностью Рн = 46 кВт. Обычно насос выбирают таким образом, чтобы Q соответствовала оптимальному дебиту скважины. Если при этом Н равен полному напору, необходимому для подъема жидкости, Нс, то скважина и насос будут работать в оптимальном режиме. Если Нс > Н, то насос будет работать с подачей, меньшей оптимального дебита скважины, и с низким **η**н. Если дебет превосходит Нс, то насос будет работать с подачей, превышающей оптимальный дебит скважины. При этом КПД насоса будет снижен, а большой приток жидкости в скважину может ухудшить условия ее эксплуатации.

При выборе электрооборудования для бесштанговой насосной установки в первую очередь определяют мощность погружного электродвигателя, которая должна соответствовать параметрам выбранного насоса.

Полная мощность электродвигателя Р, кВт необходимая для работы насоса определяется по формуле:

**Р = Кз\*Qс\*ρ \*Нс**

**86400\*102\*ηн**

где Кз – 1,1-1,35 – коэффициент запаса;

Qс - дебит скважины, м3/сут;

ρ– плотность жидкости, кг/м3;

Нс – необходимый напор, м;

ηн – кпд насоса.

Из условия Рн **≥** Р предварительно выбираем электродвигатель серии ПЭД.

Выбранный электродвигатель следует проверить с учетом мощности подаваемой с поверхности земли, Рпов, кВт.

**Рпов = Р + ΔРк,**

где ΔРк – потери мощности в кабеле, кВт.

**ΔРк = 3** **Iн2\*R\*10-3**

где Iн – ток электродвигателя, А;

R – сопротивление кабеля, Ом;

R = Ro\*Lк , где Ro – сопротивление 1км кабеля, Ом/км, Lк – общая длина кабеля с учетом наземной части, км.

Исходные данные приведены в таблице 8 ПРИЛОЖЕНИЯ 2.

При проверке должно выполняться условие Рн **≥** Рпов.

Задача № 2 (пример решения).

Выбрать электродвигатель бесштанговой насосной установки для скважины с параметрами: Qс= 160 м3/сут; Нс= 941,22м; ρ = 850кг/м3; ηн= 0,49; Ro=1,2 Ом/км; Lк= 1км.

***Решение:***

Мощность электродвигателя Р, кВт определяется по формуле:

Р = Кз\*Qс\*ρ \*Нс = 1,1\*160\*941,22\*850 =**32,6 кВт**

86400\*102\*ηн 86400\*102\*0,49

Предварительно выбираем электродвигатель из условия Рн **≥** Р.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Рн, кВт | U, В | Ток Iн | cos φ | ηн % |
| ПЭД-35-123 | 35 | 1000 | 25,5 | 0,86 | 84 |

Проверяем электродвигатель.

Рн**≥**Рпов

Рпов = Р + ΔРк

R = Ro\* Lк =1,2\*1=1,2Ом.

ΔРк = 3Iн2\*R\*10-3= 3\*25,52\*1,2\*10-3= 2,34кВт.

Рпов= 32,6+2,34= **34,94** кВт.

Т.к. условие Рн ≥ Рпов т.е. 35 кВт ≥ 34,94 кВт выполняется, электродвигатель выбран верно.

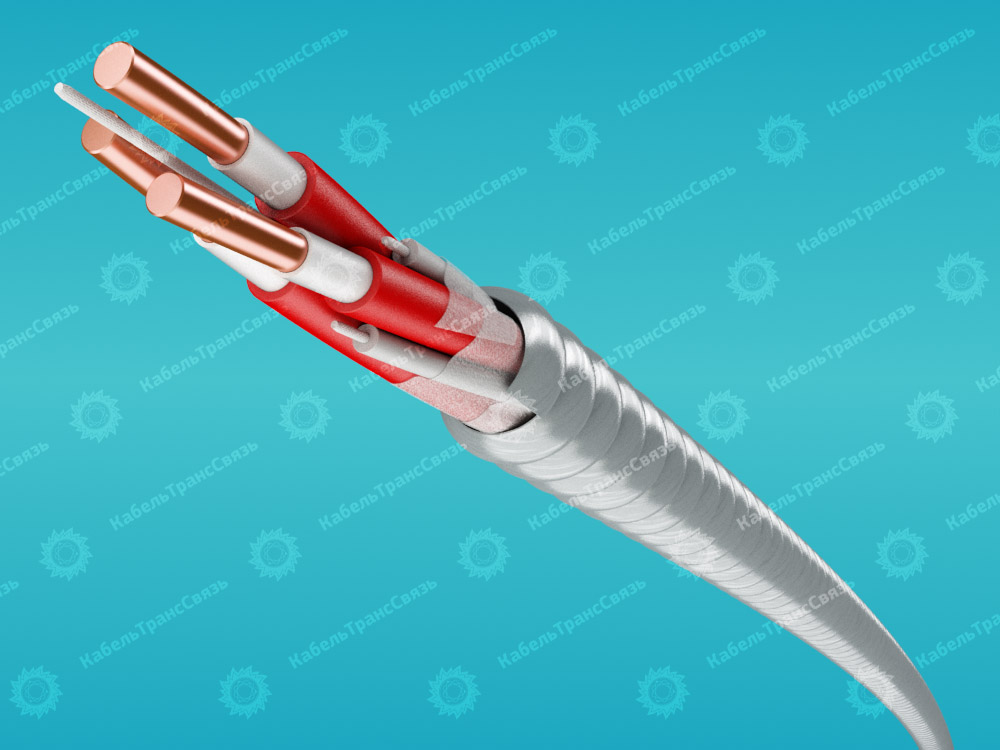
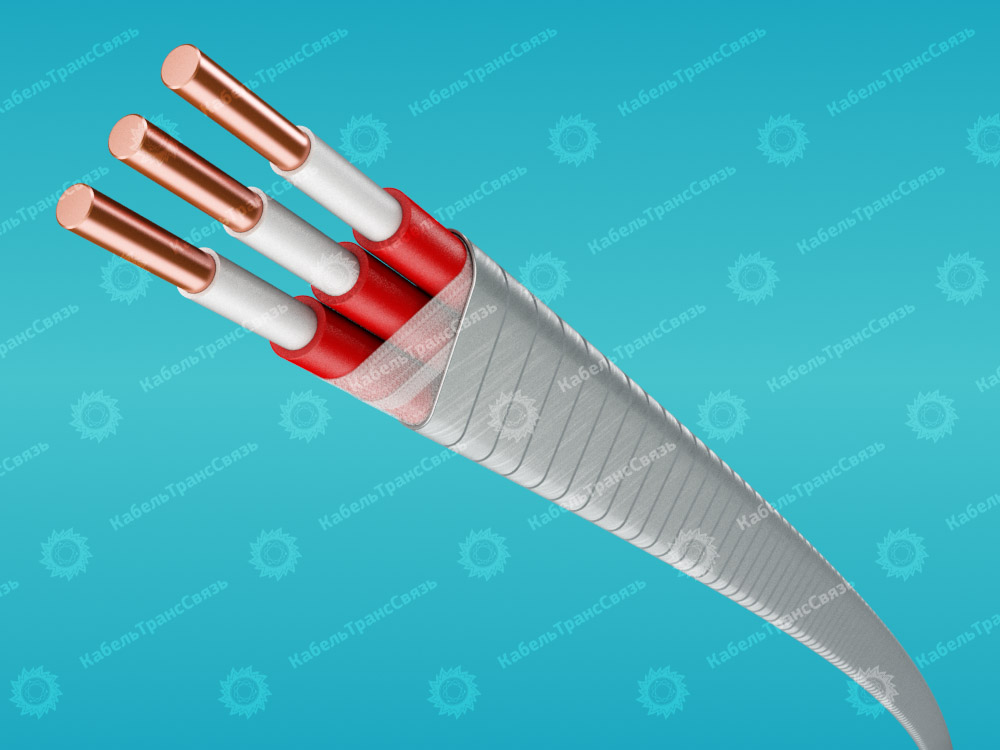
**в)** Подвод электрической энергии к погружному электродвигателю осуществляется маслонефтестойким трехжильным(четырехжильным)кабелем с резиновой или полиэтиленовой изоляцией, прикрепляемым к насосным трубам с помощью металлических поясов. Верхний конец кабеля намотан на барабан, служащий для транспортировки кабеля и его спуска и подъема. Кабельная линия в скважине выполняется плоским кабелем марки КРБП (с резиновой изоляцией) или марки КПБП (с полиэтиленовой изоляцией) на конечном участке вдоль насоса и круглым кабелем марки КРБК (КПБК) - на остальной длине линии.

Рис. 1

При этом площадь сечения плоского кабеля берется на одну ступень ниже площади сечения круглого кабеля. Применение плоского кабеля обусловлено необходимостью уменьшить поперечные размеры погружного устройства. Выпускаются кабели площадью сечения 3x10,3x16, 3x25,3x25 мм2, 3x35 мм2,3x50 мм2.

Кабели с резиновой изоляцией рассчитаны на номинальное напряжение 1100 В, работу при температуре окружающей среды от +90 до -30 °С и давлении до 10 МПа. Кабели с полиэтиленовой изоляцией рассчитаны на номинальное напряжение 2300 В, работу при температуре окружающей среды от +136 до -55 °С, давление до 20 МПа. Они обладают большей газостойкостью.

Выбор питающего кабеля ведется по экономической плотности тока.

В применяемых КПБК и КПБП экономическая плотность тока не превышает jэ = 2,7А/ мм2.

Сечение жилы кабеля определяется по формуле:

**Sж = Ip .**

**Jэ**

Расчетную силу тока Ip определяем исходя из мощности электродвигателя:

**Ip= Рд/1,73\*U\*cos φ.**

По таблице выбирают трехжильный кабель. Как правило для уменьшения габаритного размера берут плоский трехжильный кабель, который на один порядок тоньше круглого.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| КПБК 90 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 |
| КПБП 90 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 |
| КПвППБК 135 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 |
| КПвППБП 135 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 |

Проверяем кабель на потерю мощности с учетом температуры в скважине, сечения и токовой нагрузки на кабель.

Потерю электрической мощности в кабеле длиной 100 метров ΔРк, кВт определяем по формуле:

**ΔРк = 3\*10-3\*Iр2\*R,**

где Iр- рабочий ток электродвигателя, А

R - сопротивление в кабеле, Ом.

Сопротивление Ro, Ом в кабеля можно определить по формуле:

**Rо = ρt ,**

**qк**

где ρt - удельное сопротивление кабеля при температуре tcк, Ом\*мм2/м; qк - площадь сечения кабеля, мм2.

Удельное сопротивление при tк:

**ρt =ρ [1+а(tк - 20 ) ]**,

где ρ - 0,0175 Ом\*мм2/м - удельное сопротивление меди при t=20C.

а - 0,004 С-1 - температурный коэффициент для меди.

Определяем сопротивление выбранного кабеля с учетом его длины. Длина кабеля Lk складывается - из длины кабеля в скважине, длина кабеля до станции управления, запас кабеля на барабане (Lk= L+ 100м) м.

**R=Ro\*Lk.** ( Ом).

Проверяем кабель на потерю напряжения ΔU, В по формуле:

**ΔU=√3 \*(Rcosφ +X sinφ)\*Ip**, В

где Х - индуктивное сопротивление кабеля и определяется по формуле:

**X=Lк\*10-4**,(Ом).

cosφ - коэффициент мощности двигателя.

**sinφ = √1 - cos2φ**;

**ΔU %** должно быть **< 5-6%** **ΔU= ΔU \*100** **%.**

**Uн**

Если по расчету ΔU % получается больше 6%, то необходимо проверить по ΔUдопус (допустимые потери):

**ΔUдопус> ΔU**;

С учетом температуры в скважине, сечения и токовой нагрузки на кабель.

Задача3(пример выполнения)

Выбрать кабель для питания электродвигателей УЭЦН по исходным данным:

Рд= 20 кВт, U = 900В, cosφ=0,86; L=1000м, tc= 50**о**С.

1.Определяем Ip= Рд/1,73\*U\*cos φ = 20\*1000/1,73\*900\*0,76 = 16,9А.

Sж = Ip = 16,9А = 6,26мм2

Jэ 2,7А/мм2

По таблице берем плоский трехжильный кабель КПБП 3x10; S=10 мм2

2.Проверяем кабель на потерю мощности.

Определяем сопротивление кабеля:

ρt определяем по формуле:

ρt =0,0175(1+0,004(50-20)] = 0,0196 Ом\* мм2/м.

Ro= ρt = 0,0196\* =0,00196 Ом

qк 10

3.Определяем сопротивление выбранного кабеля с учетом его длины.

Lк =1000+80=1080м.

R=Ro\*Lк= 0,00196\*1080=2,11 Ом.

X=Lк\*10-4=1080\*10-4= 0,108 Ом.

ΔРк = 3\*10-3\*I2\*R= 3\*10-3\*2,11\*285,6=1,8кВт.

4.Проверим кабель на потерю напряжения ΔU:

sinφ **=** **√**1 - cos2φ = **√**1- 0,862 = 0,26.

Тогда формула примет вид в числовых данных:

ΔU **=√**3 \*(Rcosφ +X sinφ)\*Ip =1,73\*(2,11\*0,86+0,108\*0,26)\*16,9=53,1В.

ΔU% должно быть <5-6 %

ΔU%=53,1\*100 = 5,9%

900

**Вывод:** ΔU% в кабеле не превышают 6%, следовательно кабель выбран верно.

**г)** Для поддержания необходимого напряжения на зажимах погружного двигателя при изменениях потерь напряжения в кабеле и других элементах питающей сети, а также для возможности питания двигателей ПЭД с различными номинальными напряжениями при стандартных напряжениях промысловых сетей применяются трансформаторы. Зажимы низшего напряжения (первичные) присоединяются к промысловой сети, а вторичные - к кабелю КРБК (КПБК). Для питания погружных электронасосов используют силовые масляные трансформаторы типов ТМП и ТМПП мощностью от 40 до 400 кВ • А. Эти трансформаторы рассчитаны на эксплуатацию в районах с умеренным или холодным (исполнение ХЛ) климатом.

Питание установок центробежных электронасосов (ЭЦН) производится:

1.От сети 6-10кВ с промежуточной трансформацией напряжения на скважине до 0,4кВ и подводимого к трансформаторам установки ЭЦН (двойная трансформация на скважине);

2.С подведением к скважинам напряжения 6-10кВ и монтажом на каждой скважине трансформатора, понижающего это напряжение до величины, необходихмой для питания двигателя насоса с исключением из состава установки ЭЦН трансформаторов 6-10/0,4кВ; в этом случае на подстанции у каждой скважины должен быть предусмотрен еще и дополнительный трансформатор 6-10/0,4кВ для питания цепей управления, сигнализации, освещения, подогрева и др;

3.Возможно обойтись и одним трех обмоточным трансформатором, одно из вторичных напряжений которого соответствует необходимому напряжению двигателя, а второе - 0,4кВ.

4.От подстанции 6-10/0,4 магистралями с напряжением 0,4кВ подводимого к трансформаторам установки ЭЦН (двойная трансформация на скважине);

Такие схемы питания иногда встречаются при незначительном удалении скважин от промысловых понижающих подстанций 6/0,4 кВ и небольших мощностях двигателей ЭЦН.

Для питания действующих установок по схеме с двойной трансформацией напряжения применяются комплектные трансформаторные подстанции общепромышленного назначения.

Промышленностью освоены специальные подстанции типа КТППН-82 мощностью 63-400 кВ-A для питания одиночных скважин и кустов скважин в условиях холодного климата (исполнение ХЛ1). Аппаратура этих подстанций - общепромышленного назначения, вследствие чего применен электрический обогрев кабин, в которых она размещена. Подстанция КТППН осуществляет прием и преобразование электрической энергии, управление и защиту электродвигателей ЭЦН мощностью от 14 до 180 кВт, а также питание двигателя механизма привода кабельного барабана и других потребителей электроэнергии при ремонте скважин с общей нагрузкой до 60 А.

Напряжение регулируется после отключения трансформатора от сети путем переключения ответвлений обмотки среднего напряжения с помощью переключателя, выведенного на стенку бака. Можно регулировать напряжение, не отключая трансформатор от сети, но без нагрузки.

Трансформатор выбирается по полной мощности электродвигателя:

**Sд = √3Uн \* Iн \* 10-3= Рд/cos φ,** кВА.

1.Выбираем трансформатор по мощности по условию Sдв<Sтр,

где Sдв - полная мощность двигателя, кВА:

2.По номинальному напряжению во вторичной обмотке:

**U2h=U+ ΔU**;

**Uниз< U2н< Uвыс**;

где U - напряжение электродвигателя, В;

ΔU - потери напряжения в кабеле, В;

Uниз и Uвыс - низшие и высшие пределы регулирования напряжения на вторичной обмотке трансформатора.

Для расчета ΔUк используем:

**ΔUк = √3\* Iн(Rcos φ + X sinφ)**;

где Lк-длина кабеля, км;

R – активное сопротивление,Ом;

X – реактивное сопротивление, Ом;

cos φ = –коэффициент мощности электродвигателя.

Определяем сопротивление выбранного кабеля с учетом его длины. Длина кабеля Lk складывается - из длины кабеля в скважине, длина кабеля до станции управления, запас кабеля на барабане (Lk= L+ 50м).

R - активное сопротивление кабеля и определяется по формуле:

**R= ρt \*Lk.** ( Ом).

**qк**

Где: ρt-удельное сопротивление при tск, Ом/км; qк – сечение жилы кабеля, мм2.

Lк-длина кабеля, м

Х - индуктивное сопротивление кабеля и определяется по формуле:

**X=Lк\*10-4**,(Ом).

**sinφ = √1 - cos2φ**;

cosφ - коэффициент мощности двигателя.

Делаем проверку трансформатора по току вторичной обмотки:

**I2н** = **Sтр**  , А

√**3 U2н**

**Iд< I2н**;

Задача 4.(пример выполнения)

По исходным данным определить мощность и тип трансформатора. Рд= 32 кВт; U= 1000В; I=25,5А; cos φ=0,86; L=700м; ρt=0,018; qк =10мм**2**.

***Порядок выполнения.***

Выбираем трансформатор по мощности по условию Sд <Sтр;

где Sд - полная мощность двигателя, кВА:

Sд=1,73\*1000\*25,5=44115ВА=44,115кВА;

Для питания электродвигателя предварительно выбираем трансформатор типа ТМП100/1170.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип | Номинальная | ВН, | НН, |
| трансформатора | мощность | В | В |
| ТМП100/1170 | 100кВА | 380 | 920-1170 |

44,12кВА< 100кВА

1.Трансформатор по мощности подходит.

2.Проверяем трансформатор по номинальному напряжению во вторичной обмотке:

U2h=U+ ΔU;

Определяем потерю напряжения в кабеле ΔUк.

R=ρt \*Lk.= 0,018\*(750+50) = 1,44 Ом.

qк 10

X=Lк\*10-4=800\*10-4=0,08 Ом.

sinφ = √1 - cos2φ =√1 – 0,862 = 0,26.

ΔUк = √3\* Iн(Rcos φ + X sinφ) =1,73\*25,58(1,44\*0,86+0,08\*0,26) = 1,73\*25,58\*1,28=56,6В.

U2h=U+ ΔU= 1000+56,6=1056,6В.

Uниз=920 В < U2н=1056,6В < Uвыс=1170 В.

3.Делаем проверку трансформатора по току вторичной обмотки:

I2н = Sтр = 100000 = 54,7А

√3 U2н 1,73\*1056,6

Условие Iдв<I2тр выполняется, трансформатор выбран верно.

**Задача 8**.

Рассчитать мощность и выбрать электродвигатель для привода компрессора. Значения работы изотермического Аиз и адиабатического Аад сжатия найти из таблицы 10. Рассчитать ток и синхронную частоту вращения двигателя. Исходные данные приведены в таблице 9и10 ПРИЛОЖЕНИЯ 2.

Выбор мощности электродвигателя производится по расчетным данным компрессора, максимальной эффективной мощности в расчетном режиме с учетом всех потерь, запаса мощности на переходной пусковой период, условия разгона привода, способа пуска, кратности пускового момента, типа электродвигателя, условий его охлаждения.

При выборе мощности двигателя следует принимать следующие значения к.п.д. передачи:

* а) ременная передача - к.п.д. 0,85-0,9;
* б) клиноременная передача - к. п. д. 0,97-0,98;
* в) зубчатая передача - к.п.д. 0,93; без передачи (муфтой) -к.п.д. 1,0.

Выбор частоты вращения двигателя определяется типом передачи, частотой вращения вала компрессора и конструкцией агрегата. Соединение двигателя с компрессором желательно без передачи (муфтой). Но это выгодно лишь для компрессоров с частотой вращения выше 750 об/мин или в мощных компрессорах с приводом от синхронного двигателя. Если частоты вращения двигателя и вала компрессора не совпадают, допустимо применение клиноременной передачи. Желательно использовать двигатели с высокой частотой вращения - их масса и габариты меньше при той же мощности. Иногда применение таких двигателей может ограничиваться условиями передачи. Рекомендуемое передаточное число находится в пределах 2-3. Для турбокомпрессоров используются двигатели, рассчитанные на частоту вращения 3000 об/мин.

Работа, затрачиваемая при сжатии компрессором воздуха или газа зависит от характера процесса сжатия: изометрического, адиабатического, политропного. Наименьшая работа, при одинаковых начальном и конечном давлениях затрачивается при изометрическом сжатии, при котором цилиндры компрессора хорошо охлаждаются водой. Наибольшая работа - при адиабатическом сжатии, при котором цилиндры охлаждаются воздухом. При недостаточной эффективности охлаждения цилиндров водой процесс сжатия называют политропным и величина работы промежуточное значение. Последние наиболее часто имеется в реальных компрессорах. Мощность двигателя компрессора Р, кВт определяется по формуле:

**Р =** **Кз Q \* Аиз + Аад** ; К305{с ^из ^-ад

**1000** **η*МЕХ*** **ηП 2**

где

Q - производительность компрессора, м3/с;

Аиз - работа, затрачиваемая при изометрическом сжатии, Дж;

Аад - работа, затрачиваемая при адиабатическом сжатии, Дж;

η*МЕХ* - механический кпд компрессора η*МЕХ* =0,88-0,92;

ηП- кпд передачи.

Значения Аиз и Аад в зависимости от конечного давления нагнетания Р2, приведены в таблице.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Давление сжатия Р2,мПа | Работа Аиз | Работа Аад | Давление сжатия Р2, кПа | Работа Аиз | Работа Аад |
| 0,15 | 40500 | 43000 | 0,6 | 179000 | 235000 |
| 0,2 | 69000 | 7000 | 0,7 | 195000 | 261000 |
| 0,3 | 110000 | 129000 | 0,8 | 208000 | 286000 |
| 0,4 | 139000 | 171000 | 0,9 | 220000 | 307000 |
| 0,5 | 161000 | 205000 | 1,0 | 230000 | 320000 |

Мощность электродвигателя из условия политропного процесса сжатия определяется по формуле:

**m-1**

**Z\*m**

**Р = 10-3**  **\* Z\*m P1QKз [(P2/ P1) - 1]**

**η*МЕХ* η***инд***ηП m-1**

где η*инд* =0,6-0,8 - индикаторный кпд компрессора при политропическом сжатии;

η***МЕХ*** =0,88-0,92 - кпд, учитывающий механические потери в компрессоре;

η**П** -0,96-0,98 - кпд передачи от вала электродвигателя к валу компрессора;

Z - число ступеней сжатия компрессора;

m - искатель политропы (для воздуха ш=1,35; для нефтяного газа

Р1 и Р2 - абсолютное давление сжимаемого газа или воздуха на входе и выходе компрессора, Па;

Q - подача компрессора, отнесенная к давлению и температуре на входе компрессора, м3/с;

Кз=1,1-1,35 - коэффициент запаса, учитывающий отклонение режима работы компрессора от расчетного, снижение напряжения сети и др.

Двигатель выбираем из условия: Р **≤** Рн.

Для привода компрессора применяются как синхронные, так и асинхронные двигатели серии СДКП, СТД, СТДП, СТДМ. Электродвигатели синхронные СДКП предназначены для привода поршневых компрессоров во взрывоопасных зонах. Для компрессора типичен продолжительный режим работы, поэтому их электроприводы, как правило, нереверсивные с редкими пусками. Также компрессор имеет небольшие пусковые статические моменты – до 20-25% от номинального.

Выбор синхронного двигателя обуславливается несколькими основными причинами:

Во-первых, это жёсткая характеристика синхронных двигателей, то есть при увеличении нагрузки на валу двигателя обороты не изменяются, что очень важно для производительности компрессора.

Во-вторых, при своих габаритах синхронный двигатель имеет гораздо большую мощность по сравнению с асинхронным двигателем.

В-третьих, синхронный двигатель имеют К.П.Д. на 2,5% больше (96,6%), чем у асинхронных двигателей и момент имеет прямо пропорциональную зависимость от напряжения.

В-четвёртых, у синхронных двигателей при номинальном токе cosφ = l, а при перевозбуждении двигатель может служить в качестве компенсатора реактивной мощности и повышать cosφ предприятия в целом.

Задача 1(пример выполнения).

Выбрать двигатель к поршневому компрессору для сжатия воздуха, если: Q=l,95м3/с; Р2=500кПа; η*МЕХ* =0,9; ηп =0,98.

***Решение:***

По таблице находим для давления нагнетания Р2=500кПа изотермическую работу

Аиз =161000Дж и адиабатическую Аад =205000Дж.

Мощность двигателя Р, кВт находится по формуле:

*Р = Кз Q \* Аиз + Аад = 1,2\*1,95 \*161000+205000 = 612 кВт.*

*1000 ηМЕХ ηП 2 1000\*0,9\*0,98 2*

Из условия Р **≤** Рн выбираем двигатель АТД 2; Рн=630кВт, U=6kB, n=2960 об/мин.

**Задача 9**.

Рассчитать мощность и выбрать электродвигатель для привода насоса промысловой насосной станции. Рассчитать ток электродвигателя и его синхронную частоту вращения. Исходные данные приведены в ПРИЛОЖЕНИИ 2 таблице 11.

Насосные установки для законтурного и внутриконтурного заводнения являются весьма энергоемкими. В нефтедобывающих районах нашей страны, где большое число скважин находится в режиме фонтанной эксплуатации, расход электроэнергии на закачку воды в пласт может превышать 60 % общего расхода электроэнергии на добычу нефти. В связи с необходимостью непрерывной подачи воды при больших ее расходах и высоких требованиях к качеству создаются специальные системы водоснабжения. Воду для закачки в пласт забирают из рек и озер, водохранилищ. Используют подземные воды, которым отдается предпочтение, так как применение их возможно без очистки и химической обработки. Забираемую из открытых водоемов воду перед подачей в магистрали системы водоснабжения очищают с тем, чтобы освободить ее от взвешенных частиц железа и других примесей, засоряющих поры нефтеносного пласта Начальными звеньями системы водоснабжения в этих случаях являются насосные станции водозабора первого (и второго) подъема, от которых вода, пройдя через водоочистительные сооружения, поступает в магистральные трубопроводы. Из последних вода забирается кустовыми насосными станциями (КНС), где насосы высокого давления повышают ее давление и по разводящим напорным трубопроводам направляют в скважины. Электрооборудование водонасосных станций может быть нормального исполнения, так как здесь взрывоопасные смеси отсутствуют. Кустовые насосные станции обычно располагаются на небольшом расстоянии от нагнетательных скважин и оборудуются тремя-пятью насосными агрегатами каждая. На КНС применяются синхронные двигатели 800-1000 кВт, 6 кВ и асинхронные короткозамкнутые 450-850 кВт, 6 кВ на 3000 об/мин (синхронных). За последние годы широкое распространение получили КНС в блочном исполнении. Эти станции (БКНС) изготовляют в заводских условиях и монтируют на месторождении в течение 3-4 мес. Типовыми проектами нормального ряда БКНС предусмотрены станции производительностью 150; 300 и 450 мЗ /ч с давлением на выходе 10-20 МПа. Число установленных агрегатов соответственно 2; 3 и 4, из которых один резервный. Насосы приводятся в действие синхронными двигателями СТД-1250-2 1250 кВт, 6 кВ, 3000 об/мин.

Мощность двигателей насоса Р, кВт определяется по формуле:

**Р = К \* Q\* Н \* ρ** ;

**А\*ηн\*ηп**

где К=1,1 -1,35 - коэффициент запаса мощности:

Q - подача насоса, м3/с;:

Н - напор, развиваемый насосом, м;

р - плотность, перекачиваемой жидкости, кг/м3;

А-102

ηн =,04-0,85с - кпд насоса;

ηп - кпд передачи от вала двигателя к валу насоса;

ηп = 1 - при непосредственном соединении двигателя с механизмом;

ηп = 0,98 - при соединении муфтой;

ηп= 0,96 - при клиноременной передачи;

ηп = 0,9 - при плоскоременной передачи.

Исходные данные приведены в таблице 11 ПРИЛОЖЕНИЯ 2.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2.**

**Таблица 1**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | *Qн т* | *Vкр*.  *м/с* | *L м* | *tс* | *η* *пу* |
| 1 | 75 | 0.37 | 18 | 100 | 0.7 |
| 2 | 70 | 0,21 | 18 | 100 | 0,7 |
| 3 | 80 | 0,2 | 18 | 100 | 0.71 |
| 4 | 80 | 0,39 | 25 | 100 | 0.71 |
| 5 | 125 | 0.19 | 25 | 40 | 0.72 |
| 6 | 165 | 0,322 | 25 | 40 | 0.72 |
| 7 | 160 | 0.316 | 36 | 40 | 0.73 |
| 8 | 250 | 0.222 | 36 | 40 | 0.73 |
| 9 | 200 | 0.216 | 36 | 40 | 0.74 |
| 10 | 200 | 0,19 | 18 | 40 | 0,74 |
| 11 | 200 | 0.176 | 18 | 40 | 0.75 |
| 12 | 300 | 0.183 | 18 | 40 | 0.75 |
| 13 | 250 | 0,185 | 25 | 40 | 0.76 |
| 14 | 243 | 0,282 | 25 | 40 | 0.76 |
| 15 | 148 | 0.446 | 25 | 40 | 0.77 |
| 16 | 196 | 0.283 | 36 | 40 | 0,77 |
| 17 | 116 | 0.45 | 36 | 100 | 0.78 |
| 18 | 168 | 0.4 | 36 | 40 | 0.78 |
| 19 | 95 | 0.68 | 18 | 100 | 0.79 |
| 20 | 170 | 0,322 | 18 | 40 | 0.79 |
| 21 | 104 | 0.525 | 18 | 100 | 0.8 |
| 22 | 65 | 0,8 | 25 | 100 | 0,8 |
| 23 | 98 | 0.59 | 25 | 100 | 0.79 |
| 24 | 76 | 0.82 | 25 | 100 | 0,78 |
| 25 | 92 | 0,34 | 18 | 100 | | 0.77 |
| 26 | 75 | 0.37 | 18 | 100 | 0.7 |
| 27 | 70 | 0,21 | 18 | 100 | 0,7 |
| 28 | 80 | 0,2 | 18 | 100 | 0.71 |
| 29 | 80 | 0,39 | 25 | 100 | 0.71 |
| 30 | 125 | 0.19 | 25 | 40 | 0.72 |
| 31 | 165 | 0,322 | 25 | 40 | 0.72 |
| 32 | 160 | 0.316 | 36 | 40 | 0.73 |
| 33 | 250 | 0.222 | 36 | 40 | 0.73 |
| 34 | 200 | 0.216 | 36 | 40 | 0.74 |
| 35 | 200 | 0,19 | 18 | 40 | 0,74 |

**Таблица 2**.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Q,л/с | *р*,кг/см2 | ηн, | ηпн |
| 1 | 24 | 125 | 0.7 | 0,96 |
| 2 | 24 | 140 | 0.72 | 0,98 |
| 3 | 33 | 98 | 0,74 | 0,96 |
| 4 | 38 | 100 | 0,76 | 0,98 |
| 5 | 40,9 | 92 | 0,78 | 0,96 |
| 6 | 50 | 90 | 0,8 | 0,98, |
| 7 | 50,9 | 96 | 0,6 | 0,96 |
| 8 | 30 | 150 | 0,62 | 0,98 |
| 9 | 35 | 140 | 0,64 | 0,96 |
| 10 | 42 | 100 | 0,65 | 0,98 |
| 11 | 44 | 120 | 0,66 | 0,96 |
| 12 | 46 | 90 | 0.67 | 0,98 |
| 13 | 48 | 85 | 0,68 | 0,98 |
| 14 | 50 | 80 | 0,69 | 0,96 |
| 15 | 52 | 84 | 0,7 | 0,98| |
| 16 | 28| | 130 | 0,71| | 0,96 |
| 17 | 261 | 140 | 0,72 | 0,98 |
| 18 | 20 | 150 | 0,73 | 0,96 |
| 19 | 30 | 100 | 0,76 | 0,98 |
| 20 | 34 | 140 | 0,74 | 0,96 |
| 21 | 36 | 120 | 0,75 | |0,98 |
| 22 | 38 | 130 | 0,77 | 0,96 |
| 23 | 40 | 110 | 0,78 | 0,98 |
| 24 | 46 | 120 | 0,8 | 0,98 |
| 25 | 54 | 86 | 0,8 | 0,96 |
| 26 | 28 | 100 | 0,7 | 0,98 |
| 27 | 30 | 110 | 0,72 | 0,96 |
| 28 | 32 | 90 | 0,74 | 0,98 |
| 29 | 34 | 95 | 0,76| | 0,96 |
| 30 | 36 | 80 | 0,78 | 0,98 |
| 31 | 38 | 85 | 0.7 | 0,96 |
| 32 | 40 | 90 | 0,72 | 0,98 |

**Таблица 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | Тип  электробура | Мощность  Р.кВт | Напряжение, В . | Ток,А | Длина кабеля L. м | Активное сопротивление 1 км R0,Ом/км | Реактивное сопротивление 1 км. Х0,Ом/км |
| 1 | Э-290-12 | 240 | 1750 | 165 | 2400 | 0,22 | 0.08 |
| 2 | Э-250-8 | 230 | 1650 | 160 | 2800 | 0,22 | 0,08 |
| 3 | Э-240-8 | 210 | 1700 | 144 | 3000 | 0,22 | 0,08 |
| 4 | Э-215-8м | 175 | 1550 | 131 | 3200 | 0,35 | 0.075 |
| 5 | Э-185-8 | 125 | 1250 | 130 | 3500 | 0,35 | 0.075 |
| 6 | Э-170-8м | 75 | 1300 | 83,5 | 3750 | 0,53 | 0.07 |
| 7 | Э-164-8м | 75 | 1300 | 87,5 | 4000 | 0,53 | 0,07 |
| 8 | Э-290-12 | 240 | 1750 | 165 | 3750 | 0,22 | 0.08 |
| 9 | Э-250-8 | 230 | 1650 | 160 | 3600 | 0,22 | 0,08 |
| 10 | Э-240-8 | 210 | 1700 | 144 | 3400 | 0.22 | 0,08 |
| 11 | Э-215-8м | 175 | 1550 | 131 | 3200 | 0.35 | 0,075 |
| 12 | Э-185-8 | 125 | 1250 | 130 | 3000 | 0.35 | 0,075 |
| 13 | Э-170-8м | 75 | 1300 | 83,5 | 2800 | 0,53 | 0,07 |
| 14 | Э-164-8м | 75 | 1300 | 87,5 | 2600 | 0,53 | 0,07 |
| 15 | Э-290-12 | 240 | 1750 | 165 | 2500 | 0,22 | 0.08 |
| 16 | Э-25()-8 | 230 | 1650 | 160 | 2400 | 0,22 | 0.08 |
| 17 | Э-240-8 | 210 | 1700 | 144 | 2200 | 0,22 | 0.08 |
| 18 | Э-215-8м | 175 | 1550 | 131 | 2000 | 0,35 | 0,075 |
| I9 | Э-185-8 | 125 | 1250 | 130 | 2200 | 0,35 | 0.075 |
| 20 | Э-170-8м | 75 | 1300 | 83,5 | 2400 | 0,53 | 0,07 |
| 21 | Э-164-8м | 75 | 1300 | 87,5 | 2600 | 0,53 | 0,07 |
| 77 | Э-290-12 | 240 | 1750 | 165 | 2750 | 0,22 | 0,08 |
| 23 | Э-250-8 | 230 | 1650 | 160 | 2800 | 0,22 | 0,08 |
| 24 | Э-240-8 | 210 | 1700 | 144 | 3000 | 0,22 | 0,08 |
| 25 | Э-215-8м | 175 | 1550 | 131 | 3200 | 0.35 | 0,075 |

**Таблица 4**.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Диаметр плунжера D. мм | Длина хода плунжера S. м | Число качаний п кач/мин | Глубина подвеса насоса Н, м | Плотность жидкости *ρ* кг/м3 | кпд  % |
| 1 | 40,3 | 2,5 | 15 | 600 | 820 | 88 |
| 4 | 44 | 2,8 | 14 | 800 | 840 | 89 |
| 6 | 55 | 3,0 | 12 | 900 | 860 | 90 |
| 8 | 40,3 | 3,2 | 10 | 1000 | 880 | 91 |
| 11 | 44 | 3,4 | 8 | 1200 | 900 | 92 |
| 14 | 55 | 3,6 | 10 | 1400 | 920 | 90 |
| 17 | 42 | 3,4 | 12 | 1500 | 900 | 89 |
| 20 | 50 | 3,2 | 14 | 1200 | 880 | 88 |
| 23 | 44 | 2,8 | 15 | 900 | 860 | 91 |

**Таблица 5**.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Станок  -качалка | Коэффициент KI | Диаметр плунжера D, мм | Длина хода плунжера S.m | Число качаний п. кач/мин | Глубина подвеса насоса Н.м | Плотность жидкости *ρ*.кг/м3 | кпд | Коэф. Подачи αn |
| 2 | СК2-0,6-250 | 1,2 | 40.3 | 3,0 | 12 | 800 | 820 | 0,96 | 0,9 |
| 5 | СК3-1.2-630 | 2,1 | 32 | 3,2 | 10 | 900 | 840 | 0,98 | 0,8 |
| 9 | СК5-3-2500 | 6,0 | 28 | 3,6 | 8 | 1000 | 860 | 0,96 | 0,7 |
| 12 | СК5-3-2500 | 6,0 | 44 | 3,2 | 10 | 1100 | 900 | 0,96 | 0,6 |
| 15 | СКЗ-1,2-630 | 2,1 | 55 | 1,2 | 12 | 1200 | 920 | 0,98 | 0,7 |
| 18 | СК2-0,6-250 | 1,2 | 44 | 1,8 | 10 | 1100 | 900 | 0,98 | 0,8 |
| 21 | СКЗ-1,2-630 | 2,1 | 32 | 2,4 | 8 | 800 | 880 | 0,96 | 0,9 |
| 24 | СК2-0.6-250 | 1,2 | 40.3 | 2,8 | 14 | 600 | 820 | 0,98 | 0.9 |

**Таблица 6**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Длина хода плунжера S,m | Диаметр плунжера d,MM | Глубина подвеса насоса Н,м | Число качаний 11, кач/мин | Коэффициент формы кривой  кф | Коэффициент  Ка | Потери холостого хода Р(), кВт |
| 3 | 3,5 | 22 | 800 | 15 | 2,6 | 0,9 | 0.3 |
| 7 | 3,3 | 25 | 900 | 12 | 2,8 | 0,91 | 0,4 |
| 10 | 3,2 | 30 | 1000 | 10 | 2,9 | 0,92 | 0.5 |
| 13 | 3,0 | 40,3 | 1100 | 8 | 3,0 | 0.9 | 0.6 |
| 16 | 2,8 | 44 | 1200 | 8 | 3,2 | 0,88 | 0,7 |
| 19 | 4,2 | 50 | 1300 | 10 | 3,4 | 0,89 | 0,8 |
| 22 | 4,4 | 44 | 800 | 12 | 3,0 | 0,9 | 1,0 |
| 25 | 4,8 | 40.3 | 900 | 15 | 2,8 | 0.92 | 1.1 |

**Таблица 7**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№ варианта | Дебет скважины Qск, м3/сут | Статический уровень Н0, м | Разность геодезических уровней Hг, м | Потери напора в трапе Нт, м | Коэффициент продук-тивности К, м3/сутки.м | Коэф-т трения λ | Диаметр НКТ d, мм | Расстояние до сепаратора 1, м | Плотность жидкости *ρ*  кг/м3 | Температура в  скважине tск |
| 1 | 40 | 500 | 1 | 8 | 4,5 | 0,03 | 44 | 20 | 820 | 40 |
| 2 | 60 | 400 | 1,5 | 9 | 6 | 0,031 | 45 | 25 | 830 | 42 |
| 3 | 80 | 600 | 2 | 10 | 5,7 | 0,032 | 48 | 30 | 840 | 44 |
| 4 | 100 | 700 | 2,5 | I 1 | 5,1 | 0,033 | 50 | 35 | 850 | 45 |
| 5 | 120 | 800 | 3 | 12 | 8,3 | 0,034 | 50 | 40 | 870 | 47 |
| 6 | 140 | 700 | 3,5 | 13 | 9,1 | 0,035 | 48 | 45 | 880 | 49 |
| 7 | 160 | 600 | 4 | 14 | 6,9 | 0,036 | 44 | 50 | 900 | 50 |
| 8 | 180 | 650 | 4,5 | 15 | 6,6 | 0,037 | 40,3 | 48 | 920 | 52 |
| 9 | 200 | 500 | 5 | 16 | 7 | 0,04 | 40,3 | 46 | 900 | 54 |
| 10 | 220 | 550 | 5,5 | 17 | 7,4 | 0,041 | 44 | 42 | 890 | 56 |
| 11 | 240 | 400 | 5 | 18 | 7,8 | 0,042 | 45 | 40 | 880 | 58 |
| 12 | 260 | 450 | 4,5 | 19 | 8,6 | 0,043 | 48 | 38 | 860 | 60 |
| 13 | 280 | 300 | 4.2 | 20 | 8,8 | 0,044 | 50 | 36 | 840 | 62 |
| 14 | 270 | 350 | 4,7 | 19 | 8 | 0,043 | 50 | 34 | 820 | 64 |
| 15 | 250 | 400 | 3 | 18 | 8,6 | 0,042 | 48 | 32 | 800 | 66 |
| 16 | 230 | 450 | 3,6 | 17 | 8,4 | 0,041 | 45 | 28 | 810 | 70 |
| 17 | 210 | 500 | 3,1 | 16 | 7,7 | 0,04 | 45 | 26 | 830 | 67 |
| 18 | 190 | 550 | 2,8 | 15 | 7,2 | 0,039 | 44 | 24 | 850 | 65 |
| 19 | 170 | 600 | 2,5 | 14 | 6,6 | 0,038 | 44 | 22 | 870 | 60 |
| 20 | 150 | 650 | 2,4 | 13 | 6,9 | 0,037 | 40,3 | 20 | 890 | 62 |
| 21 | 130 | 700 | 2,2 | 12 | 6,1 | 0,036 | 40,3 | 18 | 900 | 55 |
| 22 | 110 | 660 | 2,1 | 11 | 5,4 | 0,035 | 50 | 16 | 910 | 50 |
| 23 | 90 | 570 | 1,8 | 10 | 5,2 | 0,034 | 50 | 14 | 920 | 45 |
| 24 | 70 | 520 | 1,7 | 9 | 4,8 | 0,032 | 44 | 12 | 930 | 40 |
| 25 | 50 | 480 | 1,5 | 8 | 4,7 | 0,03 | 44 | 10 | 940 | 44 |

**Таблица 8**.

Техническая характеристика ЭЦН

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип насоса | Подача  м3/сутки | Напор Нст. жидкости | Внутренний диаметр обсадочных труб мм | Температура откачиваемой жидкости °С | КПД % | Число ступеней |
| ЭЦН5-40-950 | 25-70 | 1030-650 | 121,1 | 70 | 38,0 | 191 |
| 2ЭЦН5-40-950 | 25-70 | 1030-650 | 121,7 | 70 | 36,0 | 226 |
| 1ЭЦН5-40-1400 | 25-70 | 1510-1100 | 121,7 | 45 | 38,0 | 299 |
| ЭЦН5-80-850 | 60-115 | 910-490 | 121,7 | 45 | 49,8 | 195 |
| ЭЦН5-80-1200 | 60-115 | 1280-695 | 121,7 | 70 | 49,8 | 273 |
| 1ЭЦН5-130-600 | 100-155 | 765-500 | 121,7 | 45 | 57,0 | 164 |
| ЭЩ15-130-1200 | 100-155 | 1320-860 | 121,7 | 55 | 50,0 | 284 |
| 2ЭЦН5-130-1200 | 100-155 | 1320-860 | 121,7 | 55 | 57,0 | 282 |
| ЭЦН5-200-650 | 150-270 | 810-390 | 121,7 | 55 | 48,2 | 186 |
| ЭЦН5-200-800 | 145-250 | 970-445 | 121,7 | 55 | 49,0 | 227 |
| ЭЦН5А-60-1100 | 125-205 | 1225-710 | 130,0 | 55 | 57,0 | 226 |
| ЭЦН5А-250-800 | 190-310 | 875-640 | 130,0 | 55 | 60,5 | 160 |
| ЭЦН5А-250-1000 | 190-350 | 1135-625 | 130,0 | 50 | 60,0 | 187 |
| ЭЦН5А-360-600 | 290-430 | 670-440 | 130,0 | 55 | 59,0 | 150 |
| ЭЦН5А-360-700 | 290-430 | 910-660 | 130,0 | 70 | 59,3 | 175 |
| 1ЭЦН6-100-900 | 75-145 | 940-560 | 130,0 | 75 | 48,0 | 125 |
| ЭЦП6-100-1500 | 80-165 | 1580-780 | 144,3 | 70 | 48,1 | 212 |
| 1ЭЦН6-160-750 | 130-185 | 930-750 | 144,3 | 70 | 56,0 | 126 |
| 1ЭЦН6-160-1100 | 130-185 | 1320-1170 | 144,3 | 70 | 56,0 | 177 |
| 1ЭЦН6-160-145а | 130-185 | 1740-1380 | 144,3 | 70 | 56,5 | 247 |
| 1ЭЦН6-250-800 | 200-330 | 850-550 | 144,3 | 70 | 62,0 | 125 |
| ЗЭЦН6-250-1050 | 200-330 | 1230-820 | 144,3 | 70 | 62,0 | 183 |
| 1ЭЦН6-250-1400 | 200-330 | 1490-950 | 144,3 | 40 | 62,0 | 229 |
| 1ЭЦН6-350-650 | 280-440 | 685-400 | 144,3 | 90 | 63,8 | 90 |
| 1ЭЦН6-350-850 | 280-440 | 925-510 | 144,3 | 70 | 64,5 | 125 |
| 1ЭЦН6-500-450 | 350-680 | 530-260 | 144,3 | 90 | 60,5 | 84 |
| 1ЭЦН6-500-750 | 350-680 | 905-455 | 144,3 | 70 | 59,0 | 143 |

**Таблица 9**.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№  варианта | Производительность Q м3/час | Давление на  входе Р1, кПа | Давление на  выходе Р2 атм | кпд  компрессора % | Способ соединения двигателя с компрессором | Приводимые  механизмы |
| 1 | 380 | 100 | 6 | 88 | Клиноременная  передача | Газовый компрессор |
| 2 | 360 | 100 | 7 | 89 | Плоскоременная передача | Воздушный  компрессор |
| 3 | 340 | 102 | 8 | 90 | Эл. магнитная муфта | Этиленовый  компрессор |
| 4 | 320 | 102 | 9 | 91 | Клиноременная  передача | Газовый  компрессор |
| 5 | 300 | 102 | 10 | 92 | Плоскоременная передача | Воздушный  компрессор |
| 6 | 500 | 100 | 5 | 88 | Эл. магнитная муфта | Пропиленовый  компрессор |
| 7 | 480 | 100 | 6 | 89 | Клиноременная  передача | Этиленовый  компрессор |
| 8 | 460 | 100 | 7 | 90 | Плоскоременная передача | Воздушный  компрессор |
| 9 | 440 | 102 | 8 | 91 | Эл. магнитная муфта | Газовый компрессор |
| 10 | 420 | 102 | 9 | 92 | Клиноременная  передача | Этиленовый  компрессор |
| 11 | 400 | 102 | 10 | 88 | Плоскоременная передача | Воздушный  компрессор |
| 12 | 380 | 100 | 9 | 89 | Эл. магнитная муфта | Газовый  компрессор |
| 13 | 360 | 102 | 8 | 90 | Клиноременная  передача | Этиленовый  компрессор |
| 14 | 340 | 100 | 7 | 91 | Плоскоременная передача | Воздушный  компрессор |
| 15 | 320 | 102 | 6 | 92 | Эл. магнитная муфта | Газовый  компрессор |
| 16 | 300 | 102 | 5 | 88 | Клиноременная  передача | Этиленовый  компрессор |
| 17 | 320 | 100 | 6 | 89 | Плоскоременная передача | Воздушный компрессор |
| 18 | 340 | 102 | 7 | 90 | Эл. магнитная муфта | Этиленовый  компрессор |
| 19 | 350 | 100 | 8 | 91 | Клиноременная передача | Газовый  компрессор |
| 20 | 370 | 102 | 10 | 92 | Плоскоременна я передача | Воздушный  компрессор |
| 21 | 390 | 102 | 9 | 88 | Эл. магнитная муфта | Газовый  компрессор |
| 22 | 330 | 100 | 10 | 89 | Клиноременная  передача | Этиленовый  компрессор |
| 23 | 310 | 102 | 8 | 90 | Плоскоременная передача | Воздушный  компрессор |
| 24 | 370 | 100 | 7 | 91 | Эл. магнитная муфта | Газовый  компрессор |
| 25 | 350 | 102 | 6 | 92 | Клиноременная  передача | Этиленовый  компрессор |

**Таблица 10**.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Конечное давление Р2. кПа | Работа Аиз Дж | Работа А**ад** Дж | Конечное давление Р2, кПа | Работа Аиз Дж | Работа А**ад** Дж |
| 150 | 40500 | 43000 | 600 | 179000 | 235000 |
| 200 | 69000 | 77000 | 700 | 195000 | 261000 |
| 300 | 110000 | 129000 | 800 | 208000 | 286000 |
| 400 | 139000 | 171000 | 900 | 220000 | 307000 |
| 500 | 161000 | 205000 | 1000 | 230000 | 327000 |

**Таблица 11**.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№  варианта | | Тип насоса | Подача Q. м3/час | Напор Н, м | КПД  % | Плотность жидкости *ρ*, кг/м3 | Способ соединения двигателя с насосом |
| 2 | | 20НдсВ | 926 | 75 | 75 | 840 | Эл. магнитная муфта |
| 4 | | ЦНС-180-1900 | 180 | 1900 | 70 | 1000 | Плоскоременная передача |
| 6 | | ЦНС-1800-950 | 180 | 950 | 65 | 1000 | Плоскоремен­ная передача |
| 8 | | 8НД6хЗ | 180 | 460 | 60 | 920 | Клиноременная передача |
| 10 | | ЦНС 180-1660 | 180 | 1660 | 70 | 1000 | Эл. магнитная муфта |
| 12 | 8НД12x36 | | 150 | 180 | 65 | 860 | Клиноременная передача |
| 14 | 8МД6x6 | | 200 | 725 | 62 | 900 | Эл. магнитная муфта |
| 16 | ЦНС180-1600 | | 180 | 1600 | 70 | 1000 | Плоскоременная передача |
| 18 | 24НДсВ | | 1445 | 60 | 75 | 870 | Клиноременная передача |
| 20 | ЦНС180-1400 | | 180 | 1400 | 70 | 1000 | Эл. магнитная муфта |
| 22 | 28НДсВ | | 1600 | 75 | 65 | 890 | Клиноременная передача |
| 24 | ЦНС180-1200 | | 180 | 1200 | 75 | 1000 | Эл. магнитная муфта |