**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт нефти и газа

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по дисциплине «Технологическое оборудование нефтегазовой отрасли»

для студентов направления 21.03.01 Нефтегазовое дело

по выполнению расчетной работы

**Подбор и расчет пакера**

Ханты-Мансийск, 2024

 УДК

Методические указания к выполнению по выполнению расчетной работы **Подбор и расчет пакера** по дисциплине «Оборудование для добычи нефти» для студентов направления 21.03.01 Нефтегазовое дело, Югорский государственный университет. – Ханты-Мансийск, 2020. – с.

Учебно-методические рекомендации рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании методического совета института нефти и газа \_\_.\_\_.2020 года, протокол № 6.

Составители: В.В. Бабарыкин, к.т.н., доцент института нефти и газа

«Югорский государственный университет», 2020 г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Стр. |
|  | ВВЕДЕНИЕ………………………………………………………….… | 4 |
| 1 | ЗАДАНИЕ. Подобрать и рассчитать пакер …………….………...... | 5 |
| 2 | Основные расчетные соотношения при подборе и расчете пакера .. | 7 |
| 3 | Пример подбора пакера …………………………………………..…. | 8 |
|  | БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ………………………………. | 13 |

**ВВЕДЕНИЕ**

 Методические указания к выполнению расчетной работы **Подбор и расчет пакера** составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Оборудование для добычи нефти».

Предлагаемые задания отражают связь теоретической части с ее прикладной частью в области подбор оборудования для нефтегазодобычи.

**Выбор варианта задания осуществляется студентами по последним двум цифрам шифра. В случае если последние две цифры больше 30:**

**- от 31 до 60 то номер варианта определяется вычетанием 30 (например: последние две цифры шифра равно 57 то номер варианта определится как 57 – 30 = 27)**

**- от 61 до 90 то номер варианта определяется вычетанием 60 (например: последние две цифры шифра равно 78 то номер варианта определится как 78 – 60 = 18)**

**- от 91 до 100 то номер варианта определяется вычетанием 90 (например: последние две цифры шифра равно 94 то номер варианта определится как 94 – 90 = 4)**

**1. ЗАДАНИЕ. Подобрать и рассчитать пакер**

 В скважину с определенным диаметром обсадной колонны Dобс спускается и устанавливается механический пакер, рассчитанный на перепад давления P и имеющий определенные конструктивные размеры.

1. Определить наименьшую величину осевой силы Q, обеспечивающей герметичное разобщение ствола скважины.
2. Определить наибольшую высоту уплотнительного элемента пакера.
3. Определить оптимальную длину хода штока пакера.
4. Проверить влияние плашечного захвата на прочность обсадной колонны. В конструкциях пакеров, где плашки перекрывают кольцевой зазор полностью (или больше 70%), нагрузка на обсадную колонну распределена равномерно по всему периметру.
5. Проверить если Qпред < Q , то в конструкцию пакера внести необходимые изменения (угла геометрических размеров уплотнений и плашек) и произвести расчет модернизированного пакера.
6. Представить конструкции пакеров различных типов и объяснить принципы их действия.
7. Исходные данные к заданию приведены в таблице 1.1, схема к расчету пакера приведена на рисунке 1.1.

Таблица 1.1 **-** Исходные данные к заданию

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование параметра | Вариант по порядковому номеру в ведомости |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Глубина скважины Нскв, м, индивидуально | 3103 | 3073 | 3043 | 3013 | 2993 | 2953 |
| 2 | Диаметр обсадной колонны, D, мм | 146х8 | 146х8 | 146х8 | 146х8 | 146х8 | 146х9 |
| 3 | Группа прочности обсадной колонны | Д | К | К | Е | Д | Д |
| 4 | Диаметр хвостовика, d ,мм | 60 | 60 | 73 | 73 | 73 | 60 |
| 5 | Модуль сдвига резины, G, МПа | 6 | 10 | 8 | 9 | 7 | 6 |
| 6 | Перепад давления на пакере, P , МПа | 25 | 45 | 35 | 55 | 40 | 28 |
| 7 | Угол конуса плашки,, о | 11 | 15 | 21 | 13 | 18 | 11 |
| 8 | Число плашек по радиусу, n, шт | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| 9 | Внутренний радиус резины, rш , мм | 30 | 30 | 36,5 | 36,5 | 36,5 | 30 |
| 10 | Наружный радиус резины после деформации (равен внутреннему радиусу обсад. колонны), Rс, мм  | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 64 |
| 11 | Высота плашек (длина по вертикали), lпл, мм | 150 | 140 | 150 | 140 | 145 | 150 |
| 12 | Длина хорды плашки, Lпл, мм  | 30 | 35 | 35 | 40 | 30 | 30 |
| 13 | Стрела дуги поверхности плашки, fпл, мм | 6 | 7 | 7 | 8 | 6 | 6 |

Продолжение таблицы 1.1

|  |  |
| --- | --- |
| № | Вариант по порядковому номеру в ведомости |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 1 | 2933 | 2893 | 2863 | 2823 | 2803 | 2773 | 2743 | 2713 | 2683 | 2653 | 2623 | 2693 |
| 2 | 146х9 | 146х9 | 146х9 | 146х9 | 168х8 | 168х8 | 168х8 | 168х8 | 168х8 | 168х9 | 168х9 | 168х9 |
| 3 | К | К | Е | Д | Д | К | К | Е | Д | Д | К | К |
| 4 | 60 | 73 | 73 | 73 | 60 | 60 | 73 | 73 | 73 | 60 | 60 | 73 |
| 5 | 10 | 8 | 9 | 7 | 6 | 10 | 8 | 9 | 7 | 6 | 10 | 8 |
| 6 | 43 | 32 | 53 | 38 | 26 | 46 | 36 | 56 | 41 | 27 | 47 | 37 |
| 7 | 15 | 21 | 13 | 18 | 11 | 15 | 21 | 13 | 18 | 11 | 15 | 21 |
| 8 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 |
| 9 | 30 | 36,5 | 36,5 | 36,5 | 30 | 30 | 36,5 | 36,5 | 36,5 | 30 | 30 | 36,5 |
| 10 | 64 | 64 | 64 | 64 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 75 | 75 | 75 |
| 11 | 140 | 150 | 140 | 145 | 150 | 140 | 150 | 140 | 145 | 150 | 140 | 150 |
| 12 | 35 | 35 | 40 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 30 | 30 | 35 | 35 |
| 13 | 7 | 7 | 8 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 6 | 6 | 7 | 7 |

Продолжение таблицы 1.1

|  |  |
| --- | --- |
| № | Вариант по порядковому номеру в ведомости |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 2763 | 2833 | 2903 | 2973 | 3053 | 3113 | 3183 | 2843 | 2813 | 2983 | 2963 | 2923 |
| 2 | 168х9 | 168х9 | 168х10 | 168х10 | 168х10 | 168х10 | 168х10 | 146х9 | 168х8 | 146х8 | 146х9 | 146х9 |
| 3 | Е | Д | Д | К | К | Е | Д | Д | К | К | Е | Д |
| 4 | 73 | 73 | 60 | 60 | 73 | 73 | 73 | 60 | 60 | 73 | 73 | 73 |
| 5 | 9 | 7 | 6 | 10 | 8 | 9 | 7 | 6 | 10 | 8 | 9 | 7 |
| 6 | 57 | 42 | 29 | 49 | 39 | 54 | 44 | 30 | 50 | 29 | 60 | 44 |
| 7 | 13 | 18 | 11 | 15 | 21 | 13 | 18 | 11 | 15 | 21 | 13 | 18 |
| 8 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 |
| 9 | 36,5 | 36,5 | 30 | 30 | 36,5 | 36,5 | 36,5 | 30 | 30 | 36,5 | 36,5 | 36,5 |
| 10 | 75 | 75 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 64 | 76 | 65 | 64 | 64 |
| 11 | 140 | 145 | 150 | 140 | 150 | 140 | 145 | 150 | 140 | 150 | 140 | 145 |
| 12 | 40 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 30 |
| 13 | 8 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 6 |



Рисунок 1.1 - Схема к расчету пакера

**2 Основные расчетные соотношения при подборе и расчете пакера**

Определение наименьшей величины осевой силы Q действующей на пакер, обеспечивающей герметичное разобщение ствола скважины проводится по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| ,  | (2.1) |

где: F – площадь поперечного сечения уплотнительного элемента в деформированном состоянии, м2;

P - перепад давления, МПа;

G - модуль сдвига резины, МПа;

Rп = Rс / kоп – наружный радиус резины до деформации м;

kоп =1,13 для пакеров под обсадные колонны 146, 168 мм, для пакеров под обсадные колонн 178 и 299 мм kоп =1,09...1,07;

Rс - наружный радиус резины после деформации (равен внутреннему радиусу обсадной колонны), м;

rш - внутренний радиус резины пакера, м.

Определение наибольшей высоты уплотнительного элемента пакера.

|  |  |
| --- | --- |
| ,  | (2.2) |

гдеf = коэффициент трения (принимаем 0,2).

Определение оптимальной длины хода штока пакера.

|  |  |
| --- | --- |
| ,  | (2.3) |

где h= 0,9∙hmax – высота свободного, не нагруженного уплотняющего элемента.

Определение предельной осевой нагрузки на плашечный захват пакера, при котором не происходит разрушения обсадной колонны

|  |  |
| --- | --- |
| ,  | (2.4) |

где:D – наружный диаметр обсадной колонны, м;

Dвн – внутренний диаметр обсадной колонны, м;

lпл - осевая длина плашки, м;

Lпл -длина хорды плашки в диаметральном сечении, м;

fпл - стрела профиля плашки, м;

α - угол конуса плашки;

n - число плашек по радиусу;

σт - предел текучести материала обсадной колонны, МПа.

При ограниченной площади контакта плашек по периметру обсадной колонны участки труб между плашками работают на изгиб и Qпред определяют

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5) |

Не допускать ограничение площади контакта плашек по периметру обсадной колонны.

**3 Пример подбора пакера**

Пакеры служат для разобщения частей ствола скважины по вертикали и герметизации нарушенных участков обсадной колонны, для разобщения зон затрубного пространства, расположенных выше и ниже пакеров. Применяют в обсадной (эксплуатационной) колонне нефтяных, газовых и нагнетательных скважинах при их эксплуатации, ремонте рисунок 3.1.

Перепады давления, воспринимаемые пакерами, находятся в интервале от 7 до 70 МПа. Температура окружающей среды при эксплуатации скважин может изменяться от 40 до 100 °С, а при тепловом воздействии на пласт достигает в некоторых случаях 300…400 °С.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.1 - Гидравлический механический пакер ГМП-21 - переводник; 2 - поршень; 3 - винт; 4 - головка; 5 - резиновый элемент; 6 - конус; 7 - ствол; 8 - плашка; 9 - кольцо; 10 - пружина; 11 - плунжер; 12 - цилиндр; 13 - штифт; 14 - корпус клапана; 15 - переводник; 16 - шар; 17 - кулачок. |

По восприятию перепада давления пакеры подразделяются:

ПВ – усилие направлено от перепада давления вверх;

ПН – усилие направлено от перепада давления вниз;

ПД – двустороннего действия (усилие от перепада давления направлено как вверх, так и вниз).

По способности фиксироваться на месте установки пакеры подразделяют:

Я – фиксирующиеся якорем;

без обозначения – самостоятельно фиксирующиеся.

По способу посадки пакеры подразделяют:

Г – гидравлические;

М – механические;

ГМ – гидромеханические;

без обозначения – не требующие посадки.

По способу съёма пакеры подразделяют:

В – вращением;

Р – разбуриванием;

И – специальным инструментом;

без обозначения – натягом.

По исполнению:

Без обозначения – нормальное;

Коррозионностойкое:

К1 – углекислотостойкое (СО2 не более 10% об.),

К2 – сероводородостойкое (Н2S и СО2 не более 10% об. каждого компонента),

К3 - сероводородостойкое (Н2S и СО2 свыше 10%, но не более 25% об. каждого компонента),

Т – термостойкое (для рабочих сред с температурой более 150оС).

В скважину с определенным диаметром обсадной колонны Dобс спускается и устанавливается механический пакер, рассчитанный на перепад давления ∆P и имеющий определенные конструктивные размеры.

Дано:

Глубина скважины Нскв = 3100 м;

Диаметр обсадной колонны, D = 146 х8 мм;

Группа прочности обсадной колонны - Д;

Диаметр хвостовика, d = 60 мм;

Модуль сдвига резины, G = 6 МПа;

Перепад давления на пакере, ∆P = 25 МПа;

Угол конуса плашки, α = 11;

Число плашек по радиусу, n = 4 шт;

Внутренний радиус резины, rш = 30 мм;

Наружный радиус резины после деформации (равен внутреннему радиусу обсадной колонны), Rс = 65 мм

Высота плашек (длина по вертикали), Iпл = 150 мм;

Длина хорды плашки, Lпл = 30 мм;

Стрела дуги поверхности плашки, fпл = 6 мм;

Схема для расчета пакера приведена на рисунке 1.1.

Решение:

Определим наименьшую величину осевой силы Q действующей на пакер, обеспечивающей герметичное разобщение ствола скважины от перепада давления, по формуле 2.1:

где F – площадь поперечного сечения уплотнительного элемента в деформированном состоянии, м2

F = π∙(Rc2- rш2) = 3,14∙(652-302)= 10446 мм2 = 10,446∙10-3 м2

∆P - перепад давления

Rп = Rс / kоп – наружный радиус резины до деформации

Rп = 65 / 1,13 = 57,52 мм;

kоп =1,13 для пакеров под обсадные колонны 146, 168 мм,

Нагрузка на пакер при подвеске оборудования массой М и 2-х секций колонны НКТ составляет (из 1-ой задачи):

Q = gL2q2+gL1q1+Mg = 195 кН

Нагрузка на пакер Q ≈ 195 кН больше чем минимально допустимая равная Qmin = 82,6 кН, что соответствует условиям эксплуатации.

Определим наибольшую высоты уплотнительного элемента пакера по формуле 2.2:

где f = коэффициент трения (принимаем 0,2).

Определим оптимальную длину хода штока пакера по формуле 2.3:

где h= 0,9 hmax – (высота свободного, не нагруженного уплотняющего элемента) h = 0,9 ∙ 0,141 = 0,127 м.

Определим предельную осевую нагрузку на плашечный захват пакера, при котором не происходит разрушения обсадной колонны по формуле 2.4:

=168787 Н = 168,8 кН,

где Dвн – внутренний диаметр обсадной колонны, м, Dвн = 146 – 2 ∙ 8 = 130 мм = 0,13 м;

lпл - осевая длина плашки, м;

Lпл -длина хорды плашки в диаметральном сечении, м;

fпл - стрела профиля плашки, м;

[σт] = 379 МПа - предел текучести материала обсадной колонны изготовленной из стали группы прочности Д;

n = 4 шт - число плашек по радиусу.

Сравним действующую осевую нагрузку на пакер Q с предельно-допустимой Qпред. Так как Q ≈ 195 кН ≥ Qпред = 168,8 кН, необходимо изменить параметры пакера.

Скоректируем длину хорды плашки в диаметральном сечении Lпл = 54,55 мм. которая соответствует стреле профиля плашки fпл = 6 мм при внутреннем диаметре обсадной колонны равной 130 мм. Тогда предельная осевая нагрузку на плашечный захват пакера Qпред будет равна:

= 287488 Н = 287,5 кН

Сравним действующую осевую нагрузку на пакер Q с предельно-допустимой Qпред. Так как Q ≈ 195 кН ≤ Qпред = 287,5 кН, то пакер подобран верно.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ивановский В. Н. Нефтегазопромысловое оборудование Москва ЦентрЛитНефтеГаз 2006
2. Ивановский, В. Н. ДарищевВ.И., Сабиров.А. А. Оборудование для добычи нефти и газа в 2-х частях Москва Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина 2003
3. Никишенко С.Л. Нефтегазопромысловое оборудование Волгоград Ин-Фалио 2008