Вариант 5

Задача 1. Для колонны НКТ диаметром d и толщиной стенки s определить растягивающую критическую нагрузку, нарушающую работоспособность колонны, для случаев неравнопрочной колонны и равнопрочной колонны. Проверить возможность применения НКТ указанного диаметра для гидравлического разрыва пласта с давлением на устье скважины 29 МПа. Определить прочность колонны на совместное действие нагрузок в искривленной скважине глубиной L и радиусом искривления R.

Исходные данные:

группа прочности стали Д

тип НКТ 89x6,5

глубина скважины $L$, м 1800

радиус искривления скважины $R$, м 65

Решение:



1 – конец сбега резьбы; 2 – нитки со срезанными вершинами; 3 – основная плоскость; 4 – линия среднего диаметра

Рисунок 1 – Резьба неравнопрочной насосно-компрессорной трубы

Данные, для заданной трубы, взятые из справочника на нефтяные трубы, необходимые для расчета: $D\_{вн}=75,9 мм$, $m\_{г}=15,2 кг$, $D\_{м}=108 мм$, $h=1,412 мм$, $d\_{ср}=87,564 мм$, $σ\_{т}=379 МПа$, $σ\_{в}=655 МПа$, $d\_{1}=85,944 мм$, $d\_{2}=83,120 мм$

Сопротивление труб осевым растягивающим нагрузкам определяется по формуле Яковлева-Шумилова. Для неравнопрочнойколонны за расчетное сечение принимается сечение по основной плоскости резьбы, т.е. место, где нарезана первая полная нитка резьбы

$$Q\_{доп}=\frac{π∙D\_{с}∙b∙σ\_{доп}}{1+η\frac{D\_{с}}{2l}ctg\left(α+β\right)}$$

где $Q\_{доп}-$ допускаемое напряжение, МПа;

$β-$ угол трения, принимаемый равным 7°.

$$β=arctgμ=arctg\left(0,1\right)=5,7 °$$

$α-$ угол между опорной поверхностью резьбы и осью трубы, $α=60°$;

$l$ – расстояние от торца трубы до основной плоскости , $l=47,3 мм$;

$b-$ толщина стенки трубы в расчетной плоскости, мм;

$$b=\frac{d\_{ср}-D\_{в}}{2}-\frac{h}{2}$$

$D\_{в}-$ внутренний диаметр трубы, мм;

$h-$ глубина резьбы, мм:

$$h=\frac{D\_{1}-D\_{2}}{2}$$

$D\_{1}$, $D\_{2}-$ наружный и внутренний диаметр трубы в плоскости торца трубы, мм

$$h=\frac{85,944-83,120}{2}=1,412 мм$$

$$b=\frac{87,564-75,9}{2}-\frac{1,412}{2}=5,126 мм$$

$η-$ коэффициент, учитывающий влияние основного тела трубы, более жесткого, чем ослабленная резьбовая часть:

$$η=\frac{b}{S+b}$$

$S-$ толщина стенки гладкой части трубы, $S=6,5 мм$;

$$η=\frac{5,126}{6,5+5,126}=0,44$$

$D\_{с}-$ средний диаметр трубы по первой полной нитке резьбы, мм:

$$D\_{с}=D\_{н}-2h-b=88,9-2∙1,412-5,126=80,95 мм$$

$$Q\_{доп}=\frac{3,14∙0,08095∙0,005126∙379}{1+0,44\frac{0,08095}{2∙0,0473}ctg\left(60+5,7\right)}=0,42 МН$$

Трубы с высаженными наружу концами (тип В) являются равнопрочными с резьбовыми соединениями и поэтому расчет на прочность ведут по телу трубы. Растягивающее усилие $Q\_{т}$, при котором в теле трубы возникает напряжение, равное пределу текучести, определяется по формуле:

$$Q\_{т}=π∙D∙S∙S\_{τ}$$

где $D-$ средний диаметр трубы, мм

$$D=\frac{D\_{н}+D\_{в}}{2}=\frac{88,9+75,9}{2}=82,4 мм$$

$$Q\_{т}=3,14∙0,0824∙0,0065∙379=0,64 МН$$

Внутреннее избыточное давление Рт, Па, при котором наибольшее напряжение в трубах достигает предела текучести, определяется по формуле:

$$P\_{т}=0,875\frac{2Sσ\_{т}}{D\_{в}}$$

где $D\_{в}-$ внутренний диаметр трубы, мм;

0,875 – учитывает разностенность сечения трубы.

$$P\_{т}=0,875\frac{2∙6,5∙379}{75,9}=64,9 МПа$$

Условие прочности труб при внутреннем избыточном давлении определяли по условии

$$P\_{в}\leq \frac{P\_{т}}{n\_{2}}$$

где $n\_{2}=1,32-$ коэффициент запаса

При гидроразрыве пласта с давлением на устье 29 МПа принимаем $P\_{в}=30 МПа$

$$39,6 МПа<64,9 МПа$$

Следовательно, применение НУТ указанного диаметра для гидравлического разрыва пласта с давлением на устье скважины 29 МПа возможно.

Расчет прочности колонны НКТ на растяжение и изгиб в искривленных скважинах

Для тела трубы условие прочности между растягивающими $σ\_{p}$, МПа, и изгибающими $σ\_{n}$ ,МПа, напряжениями

$$σ\_{p}+σ\_{n}\leq \frac{σ\_{m}}{n\_{1}}$$

где $n\_{1}=1,32-$ коэффициент запаса

Растягивающие напряжения $σ\_{p}$, МПа:

$$σ\_{p}=\frac{Q}{π∙D\_{c}∙b}$$

где $Q-$ осевая растягивающая сила, обусловленная весом колонны НКТ, Н

$$Q=g\left(L∙m\_{г}+\left({L}/{L\_{1}}\right)∙m\_{м}\right)=9,81\left(1800∙15,2+180∙3,6\right)=274758 Н$$

$$σ\_{p}=\frac{274758}{3,14∙0,08095∙0,005126}=210 МПа$$

Изгибающее напряжение $σ\_{n}$, Па

$$σ\_{n}=\frac{E∙D}{2R}$$

где $E-$ модуль упругости материала НКТ, Па, для стали $E=2,1∙10^{11} Па$;

$D-$ наружный диаметр трубы, м;

$R-$ радиус искривления скважины, м

$$σ\_{n}=\frac{2,1∙10^{11} ∙0,0889}{2∙150}=62 МПа$$

$$210+62=272 МПа<\frac{379}{1,32}=287 МПа$$

Условие прочности выполняется.

Задача 2. Расчет и подбор максимальной глубины спуска НКТ при фонтанно- компрессорной эксплуатации скважин.

Исходя из условий прочности насосно-компрессорных труб на разрыв в опасном сечении, на страгивающие нагрузки в резьбовом соединении и на внутреннее давление, определить максимальную глубину спуска ступенчатой колонны гладких насосно-компрессорных труб для фонтанирующей скважины. Возбуждение скважины намечается осуществить методом постепенного уменьшения удельного веса жидкости. Колонна должна состоять из dнкт1, dнкт2, dнкт3 мм труб.

При расчете пренебрегаем потерей веса колонны труб в жидкости, т.к. уровень жидкости в межтрубном пространстве во время работы скважины может быть оттеснен до башмака колонны труб или находиться недалеко от него.

Данные, для заданной трубы, взятые из справочника на нефтяные трубы, необходимые для расчета:$ d\_{1}=114 мм$, $d\_{2}=89 мм$ $P\_{ст 1}=1076 кН$, $P\_{ст 2}=820 кН$, $σ\_{тек}=724 МПа$

Решение:

Растягивающие нагрузки, вызывающие напряжения в опасном сечении, равны пределу текучести материала:

$$G=\frac{π}{4}\left(d\_{1}^{2}-d\_{2}^{2}\right)σ\_{тек}$$

где $d\_{1}-$ диаметр трубы по впадине нарезки в корне первого витка, мм;

$d\_{2}-$ внутренний диаметр трубы, мм;

$σ\_{тек}-$ предел текучести материала труб, МПа

$$G\_{1}=\frac{3,14}{4}\left(0,111031^{2}-0,1003^{2}\right)∙724=1289 кН$$

$$G\_{2}=\frac{3,14}{4}\left(0,085994^{2}-0,0759^{2}\right)∙724=929 кН$$

Длину каждой ступени колонны НКТ по условиям прочности на разрыв

$$l\_{1}=\frac{G\_{1}}{a∙q\_{1}}$$

где $a-$ коэффициент запаса прочности, равный 1,5;

$q\_{1}-$ вес одного погонного метра труб, Н/м.

$$l\_{1}=\frac{1289}{1,5∙185}=4645 м$$

$$l\_{2}=\frac{929}{1,5∙132}=4692 м$$

Максимальная длина спуска НКТ составит

$$L=\sum\_{}^{}l\_{i}=4645+4692=9337 м$$

Осевая растягивающая нагрузка, при которой в резьбовом соединении гладких труб напряжение достигает предела текучести (страгивающая нагрузка), определяется по формуле Яковлева-Шумилова.

Длину первой секции свободно подвешенной колонны

$$l\_{1}=\frac{{P\_{ст 1}}/{n\_{1}}}{q\_{1}}$$

где $n\_{1}-$ коэффициент запаса прочности, равный 1,3

$$l\_{2}=\frac{{1076∙10^{3}}/{1,3}-4778∙132}{185}=1064 м$$

$$l\_{1}=\frac{{820∙10^{3}}/{1,3}}{132}=4778 м$$

Максимальная длина спуска составит

$$L=\sum\_{}^{}l\_{i}=1064+4778=5842 м$$

Допустимое внутреннее давление

$$\left[P\right]=\frac{2δσ\_{тек}}{d\_{н}a}$$

где $δ-$ толщина стенки трубы;

$d\_{н}-$ наружный диаметр трубы;

$a-$ запас прочности, $a=2$

$$\left[P\right]\_{1}=\frac{2∙7∙724}{114,3∙2}=44,3 МН$$

$$\left[P\right]\_{2}=\frac{2∙6,5∙724}{88,9∙2}=52,9 МН$$

При найденных по расчету предельных глубинах спуска насосно- компрессорных труб они будут испытывать следующее внутреннее давление

$$P\_{i}=\frac{l\_{i}}{10}\leq \left[P\right]\_{i}$$

где $l\_{i}-$ глубина спуска соответствующей колонны

$$P\_{1}=\frac{4778}{10}=477,8 Н$$

$$P\_{2}=\frac{1064}{10}=106,4 Н$$

Вывод: исходя из проведенных расчетов максимальная глубина спуска ступенчатой колонны гладких насоссно-компрессорных труб из условия на разрыв в опасном сечении составила $L=9337 м$, максимальная глубина спуска ступенчатой колонны гладких насоссно-компрессорных труб из условия на страгивающие нагрузки в резьбовом соединении составила $L=5842 м$ и условие прочночти на внутреннее давление выполняется. Применеие гладких насосно-компрессорных труб группы прочности M при фонтанном методе эксплуатации скважины допустимо.