3. Расчет бака

3.1 Расчётная схема

Рассмотрим цилиндрический бак. Выполним подбор основных геометрический характеристик и проведём расчёт напряжений в обечайке. Выполним расчёт этого бака на устойчивость под действием нормальных и касательных сил. Расчетная схема бака приведена на рисунке 1. Данные для расчета заключены в таблице 1.

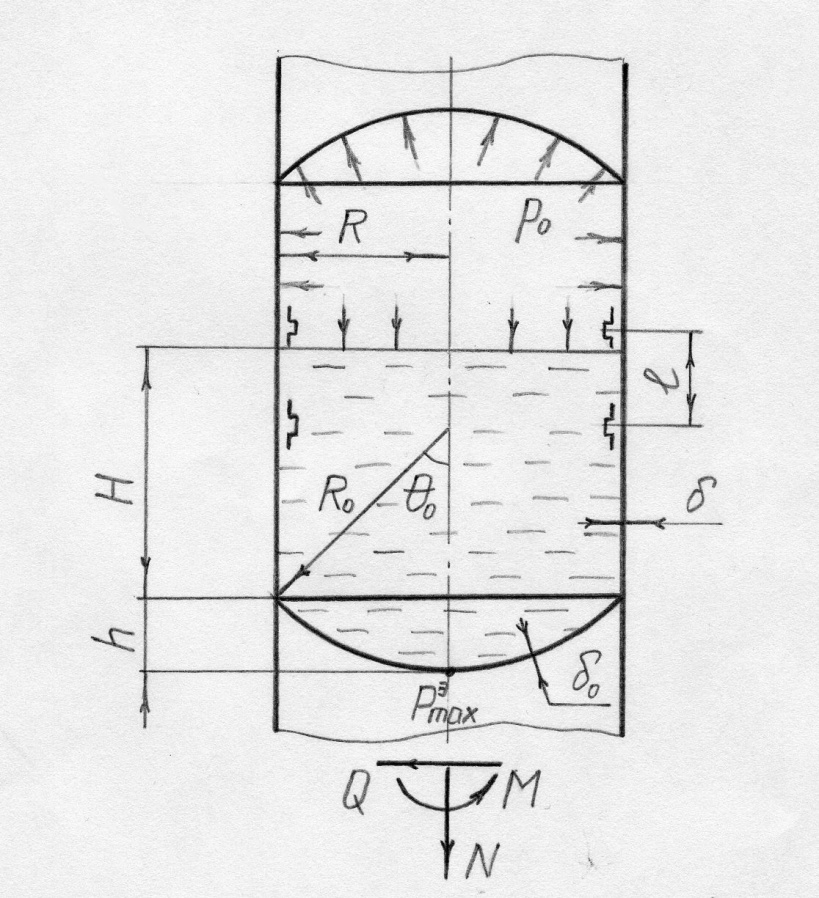


Рисунок 1 — Расчетная схема бака

Таблица 1 — Данные для расчета

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *R, см* | *R0, см* | *L, м* | *H, м* | *nx,* | *ρ, кг/м3* | *Poэ, МПа* | *Mэ, кНм* | *Nэ, кН* | *Qэ, кН* | *f* |
| 245 | 350 | 1,2 | 1,0 | 3,5 | 1140 | 0,2 | 780 | -340 | 280 | 1,4 |

Бак выполнен из материала АМГ- 6, имеющего следующие характеристики:

Модуль упругости МПа;

Предел прочности МПа;

Предел пропорциональности МПа;

Условный предел текучести МПа.

3.2 Подбор толщин верхнего и нижнего днища

Для подбора толщины верхнего днища запишем выражение для определения расчётных напряжений в сферическом днище

,

где:

 – коэффициент безопасности,

– значение максимального эксплуатационного давления,

 – радиус сферического днища,

– толщина сферического днища,

 – коэффициент, учитывающий ослабление материала сварным швом.

Толщина верхнего днища находится по формуле:

Округлим значение до стандартного:

На нижнее днище кроме давления наддува действует ещё и гидростатическое давление, поэтому эксплуатационное давление в этом днище подсчитывается по формуле:

где  – плотность топлива;

 – ускорение силы тяжести;

 – осевая перегрузка;

– высота столба топлива. 燃油柱高度。

Высоту  найдем по формуле:

Получим:

Толщина нижнего днища находится по формуле:

Округлим значение до стандартного:

3.3 Подбор толщины обечайки

Окружное усилие в цилиндрической обечайке определяется по формуле:

где максимальное эксплуатационное значение внутреннего давления определяется:

Здесь  - эксплуатационное значение давления наддува бака;

 - плотность жидкости в баке;

 - высота столба жидкости;

 - эксплуатационное значение осевой продольной перегрузки.

Тогда толщина обечайки будет находится из условия:

Округлим значение до стандартного:

3.4 Подбор сечения стыкового шпангоута

Выберем шпангоут с формой сечения, представленной на рисунке 2.

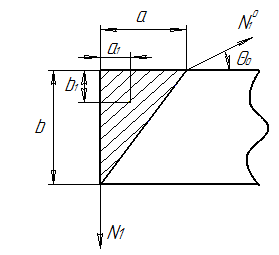


Рисунок 2 — Сечение стыкового шпангоута

Угол  найдем из условия .

Тогда

Потребное значение площади шпангоута:

,

где  – расчётное осевое усилие в стыковом шпангоуте;

 – предел прочности материала;

 – эффективные части обечайки и днища соответственно, которые работают совместно со шпангоутом;

 – толщины обечайки и днища.

Эти величины изображены на рисунке 3:

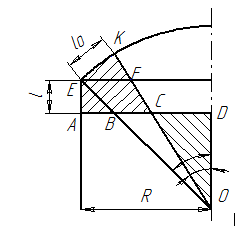


Рисунок 3 — Геометрия поперечного сечения

Значения эффективных частей обечайки и днища, работающих совместно со шпангоутом:

Угол α:

Вычислим площадь давления по формуле:

.

Вычислим :

;

Вычислим :

Получим:

Осевое усилие получим по формуле:

Площадь шпангоута определим по формуле:



3.5 Оценка напряженного состояния бака

Рассмотрим напряженное состояние бака. Схема нагружения приведена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Схема нагружения бака

Меридиональные расчётные напряжения определяются по формуле:

,

где  – расчетное значение осевой силы;

 – расчетное значение изгибающего момента;

 - площадь сечения бака;

 - момент инерции сечения относительно оси *х;*

- расстояние до расчетного сечения.

Площадь сечения бака равна:

Момент инерции относительно оси х равен:

Расчетные напряжения будут равны:

.

Расчетные меридиональные напряжения получаем по нижеследующей формуле:

Максимальное расчётное касательное напряжение:

3.6 Расчет бака на устойчивость под действием нормальных и касательных напряжений

Критическое напряжение, соответствующее потере устойчивости бака:

;

Здесь общий коэффициент  определяется как:

.

Коэффициент устойчивости, получаемый в предположении о равномерности сжатия бака по сечению и отсутствия внутреннего давления, подсчитывается по формуле:

Коэффициент, учитывающий влияние внутреннего давления в баке, определяется по формуле:

 где

Тогда

Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения сжимающих напряжений по сечению бака, обусловленную действием изгибающего момента:

.

Эту формулу так же можно записать в другом виде:

Тогда получаем:

Коэффициент, учитывающий влияние пластических деформаций материала бака принимаем  для первого приближения, т.е. считаем, что оболочка работает в упругой области.

Общий коэффициент устойчивости в первом приближении:

.

Критическое напряжение, соответствующее потери устойчивости бака:

;

Для первого приближения имеем:

Интенсивность напряжений определяется по формуле:

,

где

Тогда интенсивность напряжений будет равна:

В первом приближении секущий и касательный модули равны модулю упругости материала. Предполагается, что бак работает в упругой области:



Найдем секущий и касательный модули во втором приближении по формулам:

Здесь *А, В, D, G* параметры аппроксимации диаграммы растяжения материала:

Найдем значение деформации :

.

Секущий и касательный модули материала будут равны:

Коэффициент, учитывающий влияние пластических деформаций материала бака :

.

Критическое напряжение во втором приближении:

Вычисления проводятся далее до тех пор, пока  в двух соседних приближения не будут отличаться менее чем на два процента. В результате вычислений с помощью программы SIGMAcr.exe получаем.

Результат работы программы приведен на странице 11.

Критическое касательное напряжения:

,

где

где – расстояние между шпангоутами

,

где - критическое внешнее избыточное давление.

.

.

В первом приближении .

Тогда критическое напряжение в первом напряжении будет равно:

Интенсивность напряжений в первом приближении:

,

,

где

Тогда интенсивность напряжений в первом приближении будет равна:

Найдем значение деформации :

В первом приближении секущий и касательный модули равны модулю упругости материала. Предполагается, что бак работает в упругой области:



Найдем секущий и касательный модули во втором приближении по формулам:

Здесь *А, В, D, G* параметры аппроксимации диаграммы растяжения материала:

.

Секущий и касательный модули материала будут равны:

Коэффициент, учитывающий влияние пластических деформаций материала бака :

.

Критическое напряжение во втором приближении:

Таким образом проводятся вычисления далее до тех пор, пока  в двух соседних приближения не будут отличаться менее чем на два процента. В результате вычислений с помощью программы TAUcr.DAT получаем .

Результат работы программы приведен на странице 11 .

РЕЗУЛЬТАЕЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Критическое напряжение SIGMAcr (в МПа)

2.5846D+01

Ko,Kp,Km

1.6860D-01 2.5659D+00 1.1630D+00

Ki(I),I-номер приближения

1.0000D+00 3.9309D-01 3.9971D-01 4.0401D-01 4.0675D-01

4.0848D-01 4.0956D-01 4.1024D-01 4.1066D-01 4.1092D-01

4.1108D-01 4.1118D-01 4.1125D-01 4.1129D-01 4.1131D-01

SIGMAcr(I) (в МПа),I-номер приближения

6.2839D+01 2.4702D+01 2.5118D+01 2.5388D+01 2.5560D+01

2.5669D+01 2.5737D+01 2.5779D+01 2.5806D+01 2.5822D+01

2.5832D+01 2.5839D+01 2.5843D+01 2.5845D+01 2.5846D+01

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

R,DELTA (в мм)

2.4500D+03 4.5000D+00

E,SIGMAp(в МПа)

6.8000D+04 1.2000D+02

A,B,C,D,G

1.2406D+00 9.5603D-02 1.0800D-02 5.9312D-02 6.8120D-01

Nэ(в кН),Mэ(в кН\*м),Pэ(в МПа)

-3.4000D+02 7.8000D+02 2.3910D-01

SIGMAcr2

2.4698D+01

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Критическое касательное напряжение TAUcr (в МПа)

2.7564D+01

TAUcr0(в МПа)

2.8817D+01

Kp

1.9691D+00

Ki(I),I-номер приближения

1.0000D+00 4.1142D-01 4.3817D-01 4.5657D-01 4.6836D-01

4.7558D-01 4.7988D-01 4.8239D-01 4.8385D-01 4.8470D-01

4.8518D-01 4.8546D-01 4.8562D-01 4.8571D-01 4.8576D-01

TAUcr(I) (в МПа),I-номер приближения

5.6743D+01 2.3345D+01 2.4863D+01 2.5907D+01 2.6576D+01

2.6986D+01 2.7230D+01 2.7373D+01 2.7455D+01 2.7503D+01

2.7531D+01 2.7546D+01 2.7556D+01 2.7561D+01 2.7564D+01

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

R,DELTA,L(в мм)

2.4500D+03 4.5000D+00 1.2000D+03

E,SIGMAp(в МПа)

6.8000D+04 1.2000D+02

A,B,C,D,G

1.2410D+00 9.5600D-02 1.0800D-02 5.9310D-02 6.8120D-01

Nэ(в кН),Pэ(в МПа),Pcr(в МПа)

-3.4000D+02 2.3910D-01 8.3102D-02

TAUcr2

2.3365D+01