

## ВВЕДЕНИЕ

Метанол по значению и масштабам производства является одним из важнейших многотоннажных продуктов, выпускаемых современной химической промышленностью. Он широко применяется для получения пластических масс, синтетических волокон, синтетического каучука, в качестве растворителя и т. п. [1].

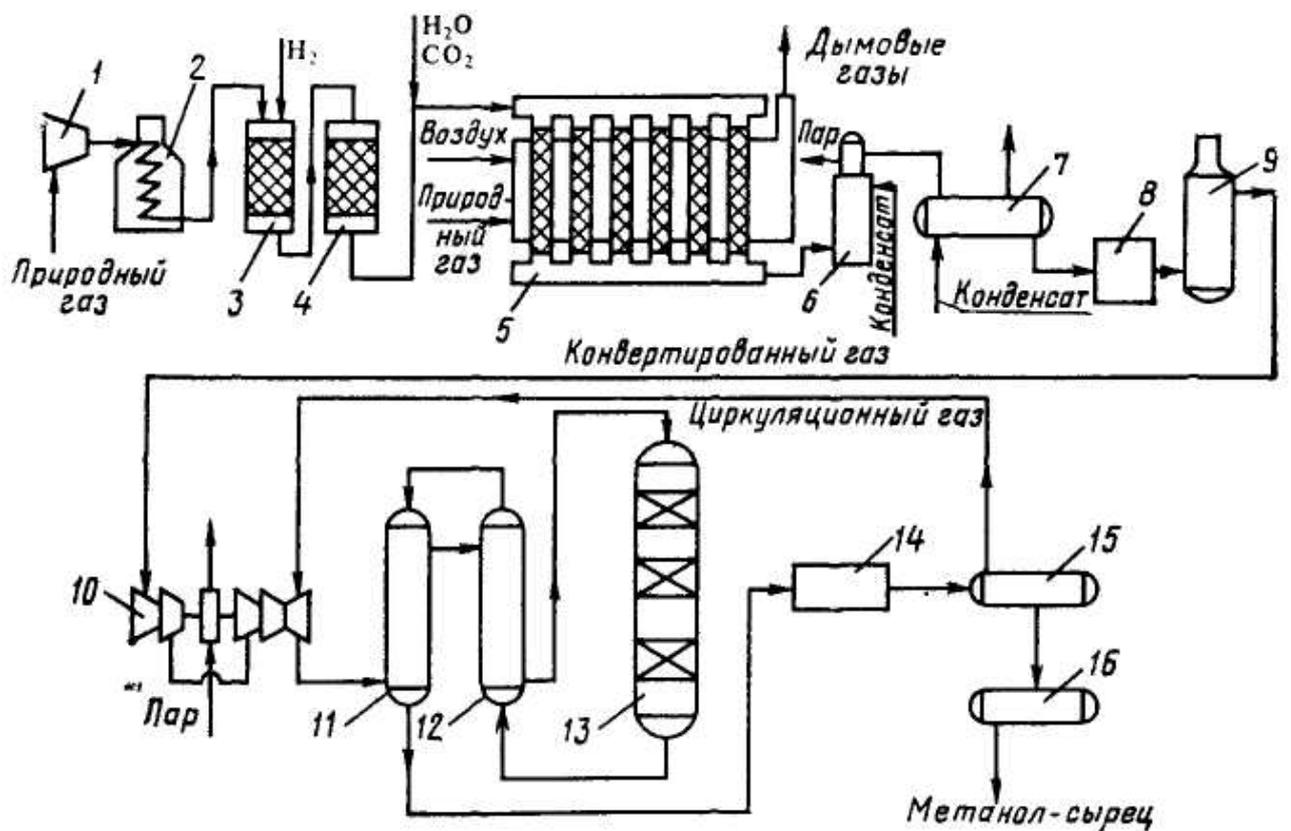
Области применения метанола все расширяются: он является, в частности, перспективным продуктом для транспорта энергии на дальние расстояния (с, возможным компонентом автомобильных бензинов, сырьем для микробиологического синтеза и т. д.

Одним из способов получения метанола является синтез из оксида углерода (II) и водорода. Процесс выполняется под давлением и повышенной температурой (для более эффективной работы катализатора) в специальном аппарате – колонне синтеза метанола. Для ускорения процесса и большей селективности целевой реакции в колонне размещают катализатор [1, 2].

По способу ведения процесса колонна синтеза метанола близка к реактору идеального вытеснения.

Курсовой проект посвящен проектированию реактора синтеза метанола, работающего в составе установки производства метанола.

		N				2



1, 10 – турбокомпрессоры; 2 – подогреватель природного газа; 3 – реактор гидрирования сернистых соединений; 4 – адсорбер; 5 – трубчатый конвертор; 6 – котел-утилизатор; 7, 11, 12 – теплообменники; 8, 14 – холодильники-конденсаторы; 9, 15 – сепараторы; 13 – колонна синтеза; 16 – сборник

Рисунок 1.2 – Схема производства метанола при давлении 5 МПа

Конвертированный газ поступает в котел-утилизатор 6, где охлаждается до 280—290 °С. Затем теплоту газа используют в теплообменнике 7 для подогрева питательной воды, направляемой в котел-утилизатор. Пройдя воздушный холодильник 8 и сепаратор 9, газ охлаждается до 35-40 °С.

Охлажденный конвертированный газ сжимают до 5 МПа в компрессоре 10, смешивают с циркуляционным газом и подают в теплообменники 11, 12, где он нагревается до 220—230 °С.

Нагретая газовая смесь поступает в колонну синтеза 13, температурный режим в которой регулируют с помощью холодных байпасов. Теплоту реакционной смеси используют в теплообменниках 11, 12 для подогрева поступающего в колонну газа.



Сжатый до 32 МПа синтез-газ проходит очистку в масляном фильтре 1 и в угольном фильтре 2, после чего смешивается с циркуляционным газом. Смешанный газ, пройдя кольцевой зазор между катализаторной коробкой и корпусом колонны 3, поступает в межтрубное пространство теплообменника, расположенного в нижней части колонны. В теплообменнике газ нагревается до 330-340 °С и по центральной трубе, в которой размещен электроподогреватель, поступает в верхнюю часть колонны и проходит последовательно пять слоев катализатора. После каждого слоя катализатора, кроме последнего, в колонну вводят определенное количество холодного циркуляционного газа для поддержания необходимой температуры. После пятого слоя катализатора газ направляется в теплообменник, где охлаждается с 300-385 до 130 °С, а затем в холодильник-конденсатор типа «труба в трубе» 4. Здесь газ охлаждается до 30– 35 °С и продукты синтеза конденсируются. Метанол-сырец отделяют в сепараторе 5, направляют в сборник 7 и выводят на ректификацию. Газ проходит второй сепаратор 5 для выделения капель метанола, компримируется до давления синтеза турбоциркуляционным компрессором 6 и возвращается на синтез. Продувочные газы выводят перед компрессором и вместе с танковыми газами используют в качестве топлива [1].

Размещение теплообменника внутри корпуса колонны значительно снижает теплотери в окружающую среду, что улучшает условия автотермичной работы агрегата, исключает наличие горячих трубопроводов, т. е. делает эксплуатацию более безопасной и снижает общие капиталовложения. Кроме того, за счет сокращения длины трубопроводов снижается сопротивление системы, что позволяет использовать турбоциркуляционные компрессоры вместо поршневых.

Конструкция и изготовление реакторов для проведения процесса при низком давлении проще благодаря более мягким условиям синтеза. При этом применяют реакторы как шахтные, так и трубчатые. В реакторах для синтеза при низком давлении особое внимание уделяют теплосъему, так как медьсодержащие катализаторы по сравнению с цинкхромовыми значительно более чувствительны к колебаниям температуры.

Реактор, используемый при давлении синтеза 5 МПа показан на рисунке 2.2

		N				8

### 3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

#### 3.1 Исходные данные к расчету

Исходными данными для расчета колонны являются следующие величины:

- производительность по сырью  $G_{\text{вх}} = 16$  т/ч;
- давление газа в аппарате 5 МПа.

В соответствии с этими данными выполним расчет реактора синтеза метанола, работающего в установке низкого давления. Схема к расчету показана на рисунке 3.1.

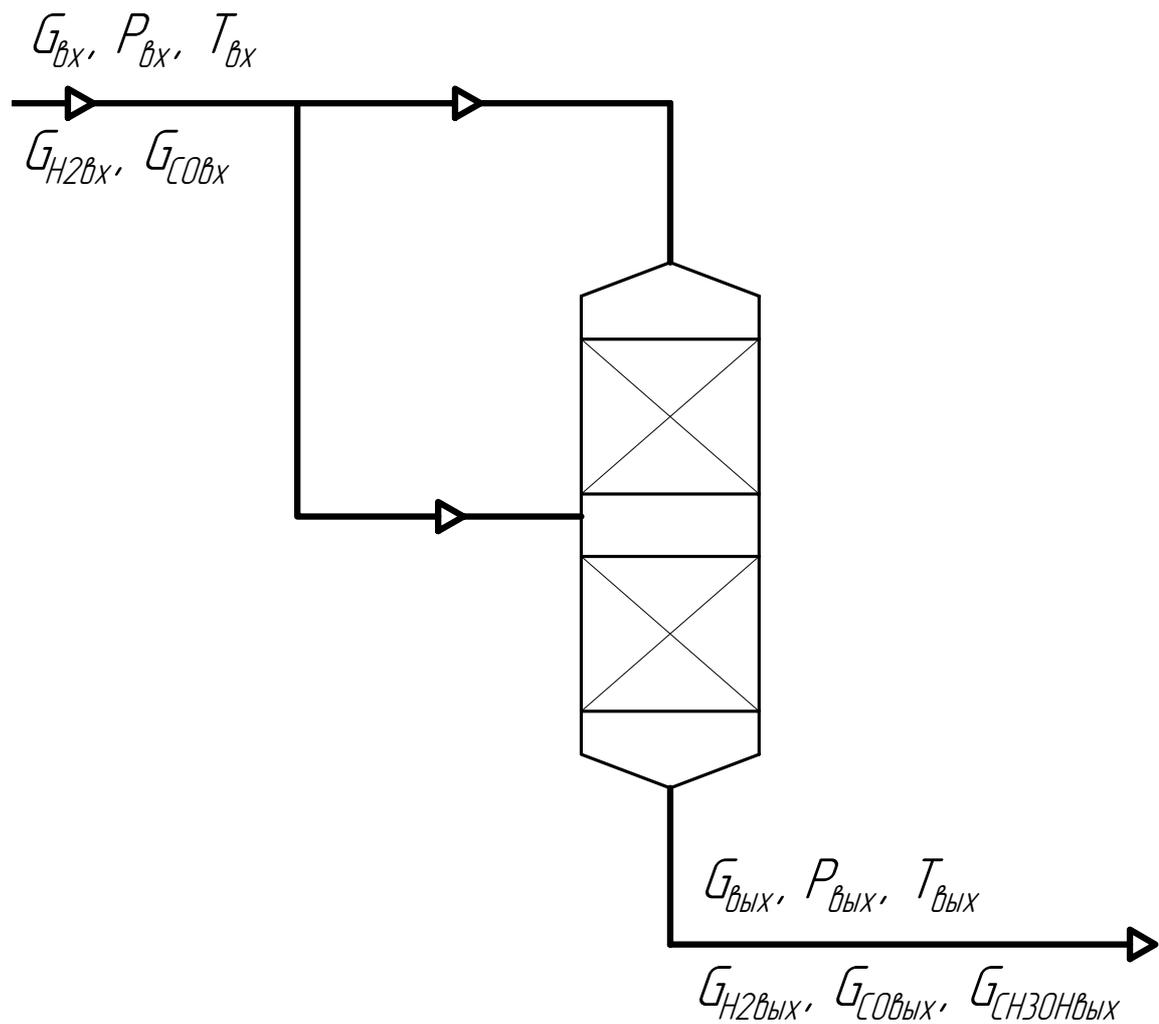


Рисунок 3.1 – Схема к расчету реактора синтеза метанола

#### 3.2 Материальный баланс

Принимаем температуру синтеза в соответствии с выбранной технологической схемой по справочной литературе [1]

$$t_{\text{вх}} = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$$

		N				10

$$V_{0\text{ВХ}} = 1500 \times 22.4 = 33600 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Объемный расход при рабочих условиях

$$V_{\text{ВХ}} = V_{0\text{ВХ}} \frac{P_0 T_{\text{ВХ}}}{P_{\text{ВХ}} T_0} = 33600 \times \frac{0.1013 \times (273 + 300)}{5.0000 \times 273} = 1428,8 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,3969 \text{ м}^3/\text{с}$$

При выбранных режимных параметрах процесса равновесная концентрация метанола в газовой смеси составляет  $x_p = 0.1050$  [1, табл. 17.2]. Определим расходы продуктов синтеза

$$G_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}} = x_p G_{\text{ВХ}} = 0.1050 \times 16000 = 1680 \text{ кг/ч}$$

На образование 1 моль метанола идет 2 моля водорода и 1 моль оксида углерода. Следовательно, количество компонентов после реакции

$$G_{\text{СО}_{\text{ВЫХ}}} = G_{\text{ВХ}} Y_{\text{СО}_{\text{ВХ}}} (1 - x_p) = 16000 \times 0,8750 \times (1 - 0.1050) = 12530 \text{ кг/ч}$$

$$G_{\text{H}_2\text{ВЫХ}} = G_{\text{ВХ}} Y_{\text{H}_2\text{ВХ}} (1 - x_p) = 16000 \times 0,1250 \times (1 - 0.1050) = 1790 \text{ кг/ч}$$

Суммарный расход

$$G_{\text{ВЫХ}} = G_{\text{СО}_{\text{ВЫХ}}} + G_{\text{H}_2\text{ВЫХ}} + G_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}} = 12530 + 1790 + 1680 = 16000 \text{ кг/ч}$$

Материальный баланс реакции выполняется. Определим массовые доли компонентов в продукте колонны.

$$Y_{\text{СО}_{\text{ВЫХ}}} = \frac{G_{\text{СО}_{\text{ВЫХ}}}}{G_{\text{ВЫХ}}} = 12530 / 16000 = 0.7831$$

$$Y_{\text{H}_2\text{ВЫХ}} = \frac{G_{\text{H}_2\text{ВЫХ}}}{G_{\text{ВЫХ}}} = 1790 / 16000 = 0.1119$$

$$Y_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}} = \frac{G_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}}}{G_{\text{ВЫХ}}} = 1680 / 16000 = 0.1050$$

Определим объемный расход продукта при  $P_0 = 0.1013$  МПа и  $T_0 = 273$  К.

$$V_{\text{СО}_{\text{ВЫХ}}} = \frac{G_{\text{СО}_{\text{ВЫХ}}}}{M_{\text{СО}}} V_M = \frac{12530}{28} \times 22.4 = 10024 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{H}_2\text{ВЫХ}} = \frac{G_{\text{H}_2\text{ВЫХ}}}{M_{\text{H}_2}} V_M = \frac{1790}{2} \times 22.4 = 20048 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}} = \frac{G_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}}}{M_{\text{СН}_3\text{ОН}}} V_M = \frac{1680}{32} \times 22.4 = 1176 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Объемный расход на выходе из колонны при  $P_0 = 0.1013$  МПа и  $T_0 = 273$  К.

$$V_{0\text{ВЫХ}} = V_{\text{СО}_{\text{ВЫХ}}} + V_{\text{H}_2\text{ВЫХ}} + V_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}} = 10024 + 20048 + 1176 = 31248 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Объемный расход на выходе из колонны при рабочих условиях

		N			12

Тепловой эффект реакции составляет [1]

$$r = 90.8 \text{ кДж/кг}$$

Следовательно, выделившееся тепло при образовании метанола

$$Q_p = G_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}} r = 1680 \times 90.8 = 152544 \text{ кДж/ч}$$

Определим теплоемкость потоков на входе и на выходе из колонны. Теплоемкость рассчитываем по аддитивному признаку [3].

$$\begin{aligned} C_{\text{ВХ}} &= C_{\text{СО}_{\text{ВХ}}} Y_{\text{СО}_{\text{ВХ}}} + C_{\text{Н}_2\text{ВХ}} Y_{\text{Н}_2\text{ВХ}} = \\ &= 1,05 \times 0,8750 + 1,43 \times 0,1250 = 1,303 \text{ кДж/(кг} \times \text{К)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{\text{ВЫХ}} &= C_{\text{СО}_{\text{ВЫХ}}} Y_{\text{СО}_{\text{ВЫХ}}} + C_{\text{Н}_2\text{ВЫХ}} Y_{\text{Н}_2\text{ВЫХ}} + C_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}} Y_{\text{СН}_3\text{ОН}_{\text{ВЫХ}}} = \\ &= 1,05 \times 0,7831 + 1,43 \times 0,1119 + 3,07 \times 0,1050 = 1,304 \text{ кДж/(кг} \times \text{К)} \end{aligned}$$

Теплоты потоков на входе и на выходе и колонны соответственно

$$Q_{\text{ВХ}} = G_{\text{ВХ}} C_{\text{ВХ}} t_{\text{ВХ}} = 16000 \times 1,303 \times 300 = 6,256 \times 10^6 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{ВЫХ}} = G_{\text{ВЫХ}} C_{\text{ВЫХ}} t_{\text{ВЫХ}} = 16000 \times 1,304 \times 320 = 6,469 \times 10^6 \text{ кДж/ч}$$

Избыток теплоты

$$Q_{\text{ИЗБ}} = Q_{\text{ВЫХ}} - (Q_{\text{ВХ}} + Q_p) = 6,469 \times 10^6 - (6,256 \times 10^6 + 0,152 \times 10^6) = 0,541 \times 10^6 \text{ кДж/ч}$$

Количество потока, направляемого в середину колонны

$$G_{\text{ОП}} = \frac{Q_{\text{ИЗБ}}}{C_{\text{ВХ}} t_{\text{ВХ}}} = \frac{0,541 \times 10^6}{1,303 \times 300} = 1560 \text{ кг/ч}$$

В процентном выражении это составляет

$$1560 / 16000 = 0.0975 = 9.75\%$$

То есть при данных режимных параметрах 10% потока направляется в колонну, минуя первый слой катализатора для поддержания теплового баланса. При других условиях эта доля будет отличаться. Поддержанием теплового баланса могут управлять средства КИПиА.

### 3.4 Расчет геометрических размеров колонны

Для выбранного катализатора при давлении 5 МПа и температуре 300..350 °С объемная скорость реакции составляет 280...300 кг/(м<sup>3</sup> × ч) [1]. Принимаем

$$\omega := 290 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч}}$$

Тогда требуемый объем катализатора

		N				14



## 5 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Выбор материала для изготовления аппарата

Аппарат состоит из двух трех крупных блоков – обечайки, трубчатки и корзины с катализатором. Давление в аппарате равно 5,0 МПа

Для обечайки, подверженной действию температуры 350 °С, выбираем высоколегированную сталь 12Х18Н10Т, предназначенную для работы при температуре до 600 °С.

Определим допускаемые напряжения для стали 12Х18Н10Т. Для выбранного материала при 350 °С [5]

$$\sigma_B = 450 \text{ МПа}, \sigma_{B20} = 660 \text{ МПа},$$

$$\sigma_T = 180 \text{ МПа}, \sigma_{T20} = 250 \text{ МПа}$$

Определим номинальное допускаемое напряжение. Согласно [6, табл. 14.5] расчет для легированной стали при рабочей температуре менее 525 °С необходимо вести по формулам

$$\sigma^* = \min \left\{ \frac{\sigma_B}{n_B}; \frac{\sigma_T}{n_T} \right\}$$

где  $n_B$  – запас прочности по пределу прочности, для стального проката из легированной стали  $n_B = 2,6$  [6, табл. 14.6];

$n_T$  – запас прочности по пределу текучести, для стального проката из легированной стали при давлении в аппарате более 0,5 МПа  $n_T = 1,5$  [6, табл. 14.6].

Соответственно нормативное допускаемое напряжение при расчетной температуре и при 20 °С:

$$\sigma^* = \min \left\{ \frac{450}{2.6}; \frac{180}{1.5} \right\} = \min \{173; 120\} = 120 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{20}^* = \min \left\{ \frac{660}{2.6}; \frac{250}{1.5} \right\} = \min \{254; 167\} = 167 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение при статических однократных нагрузках для рабочего состояния выбранного материала составляют

$$[\sigma] = \eta \sigma^*, [\sigma]_{20} = \eta \sigma_{20}^*$$

		N				18

Исполнительную толщину стенки  $s$  цилиндрической обечайки определяют по формуле

$$s = s_p + c$$

где  $s_p$  – расчетная толщина стенки

$$s_p = \max \left( \frac{p_p D}{2\phi[\sigma] - p_p}, \frac{p_n D}{2\phi[\sigma]_n - p_n} \right)$$

где  $p_p$  и  $p_n$  – расчетное давление в аппарате и давление при гидроиспытаниях соответственно, МПа;

$D$  – внутренний диаметр обечайки;

$\phi$  – коэффициент прочности сварных швов стальных аппаратов, для автоматической сварки под слоем флюса  $\phi = 1,0$  [7, т. 1.7];

$s_p$  – расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки, мм;

$c$  – прибавка к расчетной толщине, мм.

Расчетное давление в аппарате

$$p_p = p_T + p_r$$

где  $p_T$  – технологическое давление в аппарате, определяемое в технологическом расчете,  $p_T = 5,0$  МПа;

$p_r$  – гидростатическое давление столба жидкости в аппарате,  $p_r = 0$  МПа

$$p_p = 5,0 + 0,0 = 5,0 \text{ МПа.}$$

Давление при испытаниях

$$p_n = \max \left( \frac{1,25 p_T [\sigma]_{20} / [\sigma]}{p_T + 0,3} \right) = \max \left( \frac{1,25 \times 5,0 \times 167 / 120}{5,0 + 0,300} \right) = \max \left( \frac{8,69}{5,30} \right) = 8,69 \text{ МПа}$$

Соответствующая расчетная толщина стенки

$$s_p = \max \left( \frac{\frac{5,00 \times 3200}{2 \times 1,0 \times 120 - 5,00}}{8,69 \times 3200} \right) = \max \left( \frac{68,1}{65,5} \right) = 68,1 \text{ мм}$$

Прибавка к расчетной толщине обечайки определяется по формуле

$$c = \Pi \tau + c_3$$

где  $\Pi$  – скорость коррозии,  $\Pi = 0,05$  мм/год [6];

$\tau$  – срок службы аппарата, принимаем  $\tau = 15$  лет;

$c_3$  – прибавка для компенсации эрозии, для среды в аппарате  $c_3 = 0$  мм.

		N				20



$$P_{62} := P_c + P_n + \frac{4M_H}{D_n} = 1.45 + 1.21 + \frac{4 \times 0}{0.549} = 2.66 \text{ МН}$$

Диаметр окружности размещения шпилек для выбранного фланца [6, табл. 21.9]

$$D_6 = 620 \text{ мм}$$

Диаметр шпилек для выбранного фланца [6, табл. 21.9]

$$d_6 = 32 \text{ мм}$$

Количество шпилек для выбранного фланца [6, табл. 21.9]

$$z = 20$$

Площадь поперечного сечения шпилек

$$F_6 = \frac{\pi d_6^2}{4} = \frac{3,14 \times 32^2}{4} = 804 \text{ мм}^2$$

Принимаем материал шпилек - сталь 15ХМ с характеристиками при  $t = 350$  °С [6]

$$[\sigma]_{620} = 450 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{6T} = 370 \text{ МПа}$$

Напряжение в шпильках при затяжке и в рабочих условиях соответственно

$$\sigma_{61} = \frac{P_{61}}{z F_6} = \frac{2,93}{20 \times 804 \times 10^{-6}} = 182 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{62} = \frac{P_{62}}{z F_6} = \frac{2,66}{20 \times 452 \times 10^{-6}} = 165 \text{ МПа}$$

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что принятое фланцевое соединение обеспечит герметичность стыка.

### 5.5 Расчет укрепления отверстия

Отверстия, вырезанные в корпусе аппарата, значительно уменьшают прочность соответствующего элемента. Поэтому отверстия необходимо укреплять. Отверстия можно укреплять различными способами: торообразной вставкой, увеличением толщины обечайки и накладным кольцом.

Принимаем укрепление отверстия за счет увеличения толщины стенки штуцера. Принимаем толщину штуцера в месте стыка с аппаратом 35 мм. Выполним проверочные расчеты, доказывающие прочность такого укрепления.

		N				24

$$= \min \left( \sqrt{\frac{800}{(500 + (20 - 18,8))(20 - 18,8)}} \right) = \min \left( \frac{800}{45} \right) = 45 \text{ мм}$$

$$l_{2p} = \min \left( \sqrt{\frac{l_2}{(d + s_{шп})(s_{ш} - s_{шп})}} \right) =$$

$$= \min \left( \sqrt{\frac{50}{(500 + 18,8)(20 - 18,8)}} \right) = \min \left( \frac{50}{41} \right) = 41 \text{ мм}$$

Диаметр отверстия, не требующего укрепления

$$d_{0p} = 0,4 \sqrt{D_p(s - c)} = 0,4 \sqrt{3200 \times (20 - 0,75)} = 101 \text{ мм}$$

Длина образующей обечайки в зоне укрепления

$$L_0 = \sqrt{D_p(s - c)} = \sqrt{3200 \times (70 - 0,75)} = 473 \text{ мм}$$

Площадь штуцера, участвующая в укреплении

$$A_2 = s_{ш} l_1 = 35 \times 40 = 1400 \text{ мм}^2$$

Значения площадей

$$A_{1н} = (l_{1p} + s_p - c)(s_{ш} - s_{шп} - c_{ш}) = (45 + 69 - 0,75) \times (20 - 18,8 - 0,75) = 50,9 \text{ мм}^2$$

$$A_{1в} = l_{2p} (s_{ш} - s_{шп}) = 41 \times (20 - 18,8) = 49,2 \text{ мм}^2$$

$$A_0 = L_0(s - s_p - c) = 473 \times (70 - 68 - 0,75) = 591 \text{ мм}^2$$

$$A = 0,5 (d_{ш} - d_{0p}) s_{шп} = 0,5 \times (500 - 101) \times 18,8 = 2001 \text{ мм}^2$$

Общая площадь, участвующая в укреплении

$$\Sigma A = (A_{1н} + A_{1в}) \chi_1 + A_2 \chi_2 + A_0 = (50,9 + 49,2) \times 1 + 1400 \times 1 + 591 = 2091 \text{ мм}^2$$

Условие укрепления

$$2001 \geq 2091$$

Условие укрепления выполняется.

		N				26

аппаратом – трактор марки Т-140 мощностью двигателя  $N = 103$  кВт и скоростью  $v = 2 \dots 20,5$  км/ч [8].

Суммарное сопротивление движению всего транспорта определяется по формуле:

$$F = 10 \cdot G_T \cdot f_T + 10 \cdot (G_{\Pi} + G_0) \cdot f_{\Pi} + 10 \cdot (G_T + G_{\Pi} + G_0) \cdot f_y$$

где  $G_T = 25$  т – масса тягача;

$f_T = 0,075$  – удельное сопротивление движению тягача;

$G_{\Pi} = 14$  т – масса выбранного для транспортирования оборудования прицепа;

$G_0 = 45$  т – масса транспортируемого блока оборудования;

$f_{\Pi} = 0,05$  – удельное сопротивление движению прицепа;

$f_y = 0,03$  – сопротивление движению от уклона дороги, равное показателю уклона, соответствующему 0,01 на каждый процент уклона (с плюсом при подъёме дороги, с минусом – при спуске).

$$F = 10 \cdot 25 \cdot 0,075 + 10 \cdot (14 + 45) \cdot 0,05 + 10 \cdot (25 + 14 + 45) \cdot 0,03 = 68 \text{ кН}$$

Необходимое тяговое усилие для страгивания автопоезда с места с учетом увеличения тяговой нагрузки примерно на 50 % определяется по формуле:

$$F_T = 1,5F.$$

$$F_T = 1,5 \times 68 = 102 \text{ кН.}$$

По  $F_T$  подбираем тягач – трактор марки Т-100 с тяговым усилием 120 кН. Определяем силу тяги подобранного тягача по мощности двигателя на гусеницах трактора:

$$F_d = \frac{3,67 \cdot N \cdot \eta}{v}$$

где  $\eta = 0,8$  – КПД двигателя и силовой передачи трактора;

$v = 3000$  м/ч – скорость движения, принимается с учётом допустимых для прицепа и тягача.

$$F_d = \frac{3,67 \cdot 144 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{3000} = 141 \text{ кН.}$$

Сила тяги тягача по сцеплению с поверхностью дороги определяется по формуле:

		N				28



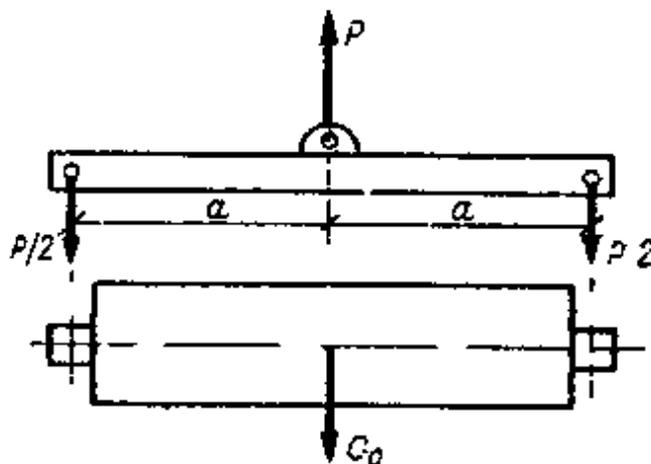


Рисунок 6.2 – Расчётная схема траверсы, работающей на изгиб

Масса траверсы незначительна по сравнению с массой поднимаемого груза, поэтому в расчётах её можно не учитывать.

Определяем нагрузку, действующую на траверсу по формуле:

$$P = 10 \cdot G_0 \cdot k_n \cdot k_d$$

$$P = 10 \cdot 45 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 470 \text{ кН.}$$

Определяем изгибающий момент в траверсе по формуле:

$$M = \frac{P \cdot a}{2}$$

где  $a = \frac{B}{2} + 0,12 = \frac{3}{2} + 0,12 = 1,62$  м – длина плеча траверсы.

$$M = \frac{470 \cdot 1,62}{2} = 298 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Вычисляем требуемый момент сопротивления по формуле:

$$W = \frac{196 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 210 \cdot 10^6} = 1,10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

По моменту сопротивления  $W = 1,10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  выбираем с запасом сечение патрубка для траверсы размером  $\frac{450}{12}$  мм с моментом сопротивления  $W_T = 1458 \text{ см}^3 > W_{\text{мин}} = 1100 \text{ см}^3$ .

Условие прочности траверсы выполняется.

		N				32

$$S = \frac{149}{2 \cdot 7 \cdot 0,97} = 14 \text{ кН.}$$

Разрывное усилие в одном канатном витке определяется с учётом коэффициента запаса по формуле:

$$R_H = S \cdot k_3$$

где  $k_3 = 5$  – коэффициент запаса прочности. [8, Приложение XI]

$$R_H = 14 \cdot 5 = 70 \text{ кН.}$$

Выбираем для канатного витого стропа стальной канат типа ЛК-РО. Расчётный диаметр поперечного сечения ветви стропа определяется по формуле:

$$d_c = 3 \cdot d$$

где  $d = 0,0115$  м – выбранный диаметр каната для витков стропа.

$$d_c = 3 \cdot 0,0115 = 0,0345 \text{ м.}$$

Минимальный диаметр захватного устройства определяется по формуле:

$$D_c = k_c \cdot d_c$$

где  $k_c = 4$  – коэффициент соотношения диаметров захватного устройства цилиндрической формы и поперечного сечения ветви стропа ( $k_c \geq 4$ ).

$$D_c = 0,0345 \cdot 4 = 0,138 \text{ м.}$$

## 6.6 Выверка и испытание оборудования

Процесс установки оборудования в положение, предусмотренной проектом, с помощью специальных выверочных опорных элементов, центровочных приспособлений и грузоподъёмных средств, включая операции измерения и контроля в плане, по высоте и по горизонтали (вертикали), а также относительно ранее установленного оборудования с контролем отклонения от соосности, перпендикулярности и параллельности.

Положение оборудования при выверке контролируют оптико-геодезическими способами, а также с помощью специальных инструментов, приборов, шаблонов, центровочных и других приспособлений, обеспечивающих измерение и контроль отклонений от перпендикулярности, перпендикулярности или соосности базовых поверхностей.

		N				34

винты вывёртывают полностью. Оставшиеся отверстия во избежание попадания масла и других веществ, разъедающих бетон, заглушают резьбовыми пробками или цементным раствором, поверхность которого покрывают маслостойкой краской. Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления и монтажа.

При заполнении сосуда водой воздух должен быть удалён полностью. Для гидравлических испытаний применяется вода не ниже с температурой  $5^{\circ}\text{C}$  и не выше  $40^{\circ}\text{C}$ . Давление следует повышать плавно. Давление контролируется манометрами [8].

Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено течи, трещин, потения в сварных швах и на оси металла, течи в разъёмных соединениях, видимых остаточных деформаций, а также падения давления по манометру.

		N				36

