

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].

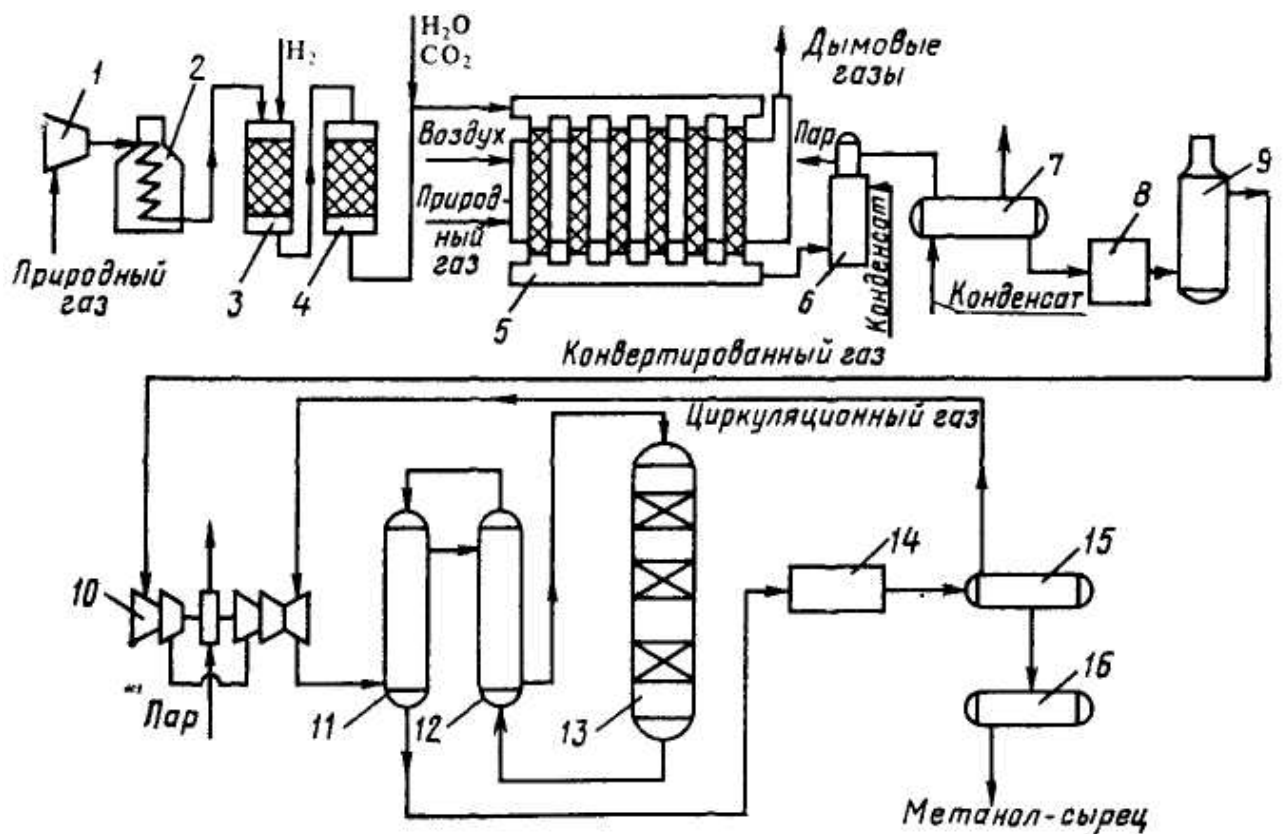
Области применения метанола все расширяются: он является, в частности, перспективным продуктом для транспорта энергии на дальние расстояния (с, возможным компонентом автомобильных бензинов, сырьем для микробиологического синтеза и т. д.

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.

Катализаторы синтеза метанола весьма чувствительны к каталитическим ядам, поэтому первой стадией процесса является очистка газа от сернистых соединений. Сернистые соединения отравляют цинк-хромовые катализаторы обратимо, а медьсодержащие катализаторы — необратимо. Необходима также тщательная очистка газа от карбонила железа, который образуется в результате взаимодействия оксида углерода с железом аппаратуры. На катализаторе карбонил железа разлагается с выделением элементного железа, что способствует образованию метана.

		N				6

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 $G_{\text{вх}} = 16 \text{ т/ч}$;
- 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.

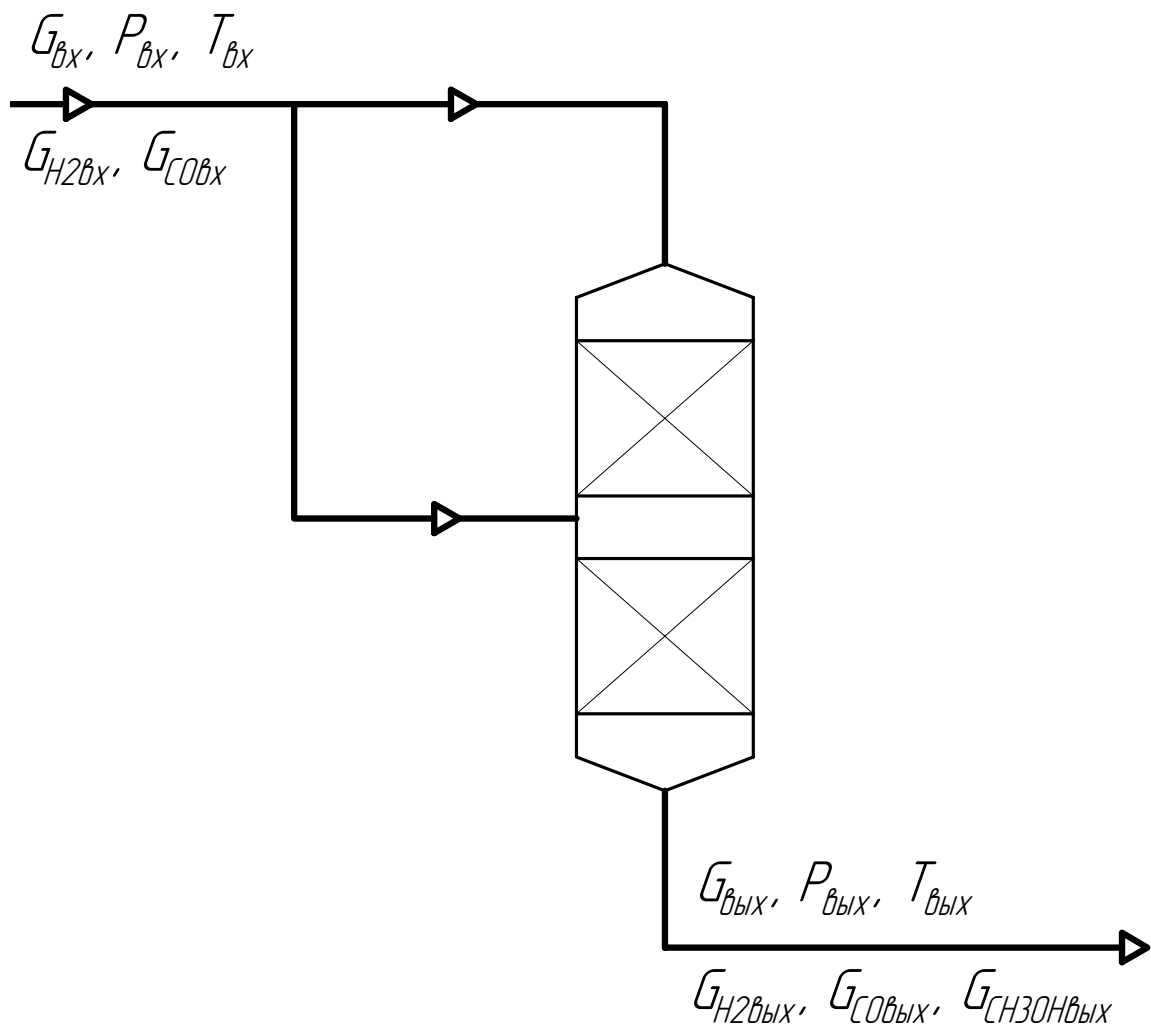


Рисунок 3.1 – Схема к расчету реактора синтеза метанола

3.2 Материальный баланс

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

$$t_{\text{вх}} = 300 \text{ °C}$$

		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/(м³ × ч) [1]. Принимаем

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

Тогда требуемый объем катализатора

		N				14

4 РАСЧЕТ И ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4.1 Расчет емкости для метанола-сырца

Выполним расчет емкости для временного хранения метанола-сырца (поз. 16 на технологической схеме на рис. 1.1). Схема к расчету приведена на рисунке 4.2.

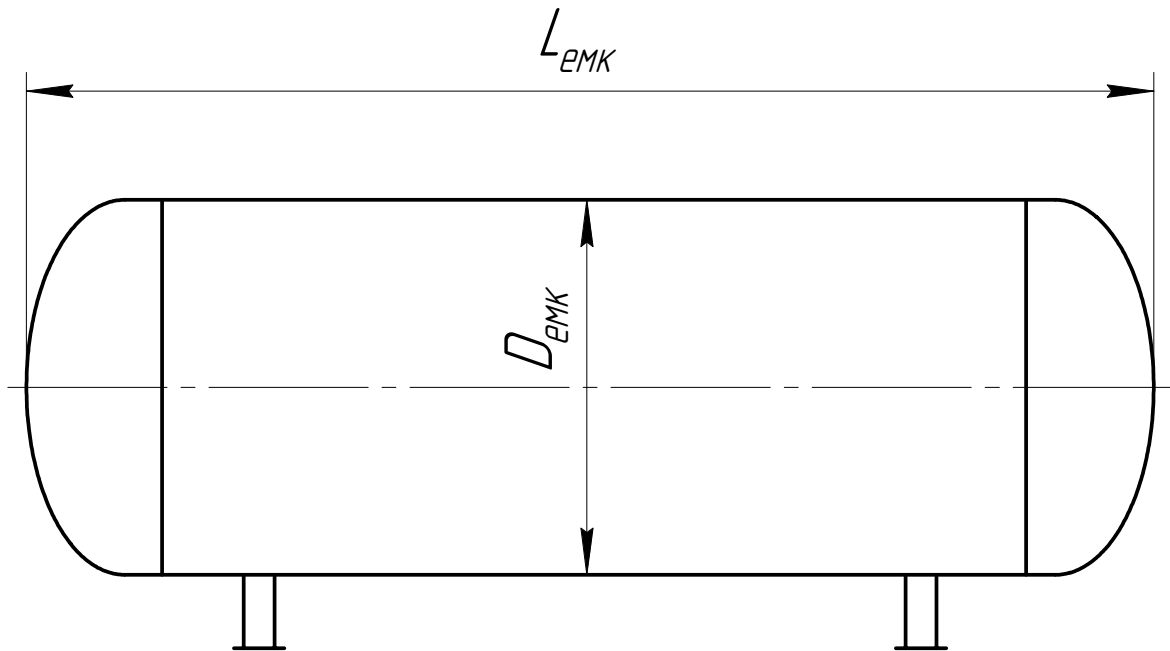


Рисунок 4.1 – Схема к расчету емкости для хранения метанола-сырца

Согласно технологическому расчету, расход метанола составляет

$$G_M = 1680 \text{ кг/ч}$$

Объемный расход

$$V_M = \frac{G_M}{\rho_M}$$

где ρ_M – плотность метанола при температуре хранения $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho_M = 1230 \text{ кг/м}^3$ [3]

$$V_M = \frac{1680}{1230} = 1,37 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Принимаем запас в емкости для хранения метанола, произведенного в одни сутки (24 часа). Тогда объем жидкости, подлежащей хранению

$$V_{\text{хр}} = 24 \times V_M = 24 \times 1,37 = 32,9 \text{ м}^3$$

Принимаем максимальное заполнение емкости $\psi = 80\%$, тогда объем емкости

$$V_{\text{емк}} = V_{\text{хр}} / \psi = 32,9 / 0,8 = 41,1 \text{ м}^3$$

		N				16

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

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

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

D – внутренний диаметр обечайки;

φ – коэффициент прочности сварных швов стальных аппаратов, для автоматической сварки под слоем флюса $\varphi = 1,0$ [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 Π – скорость коррозии, $\Pi = 0,05$ мм/год [6];

τ – 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

Готовые фундаменты принимают при условии соответствия фактических размеров проектным величинам, правильного расположения их поверхностей, закладных деталей, анкерной арматуры, фундаментных болтов и колодцев под них.

6.4 Выбор способа монтажа

Выбираем монтаж одним краном с отрывом от земли [8]. Схема монтажа показана на рисунке 4.1.

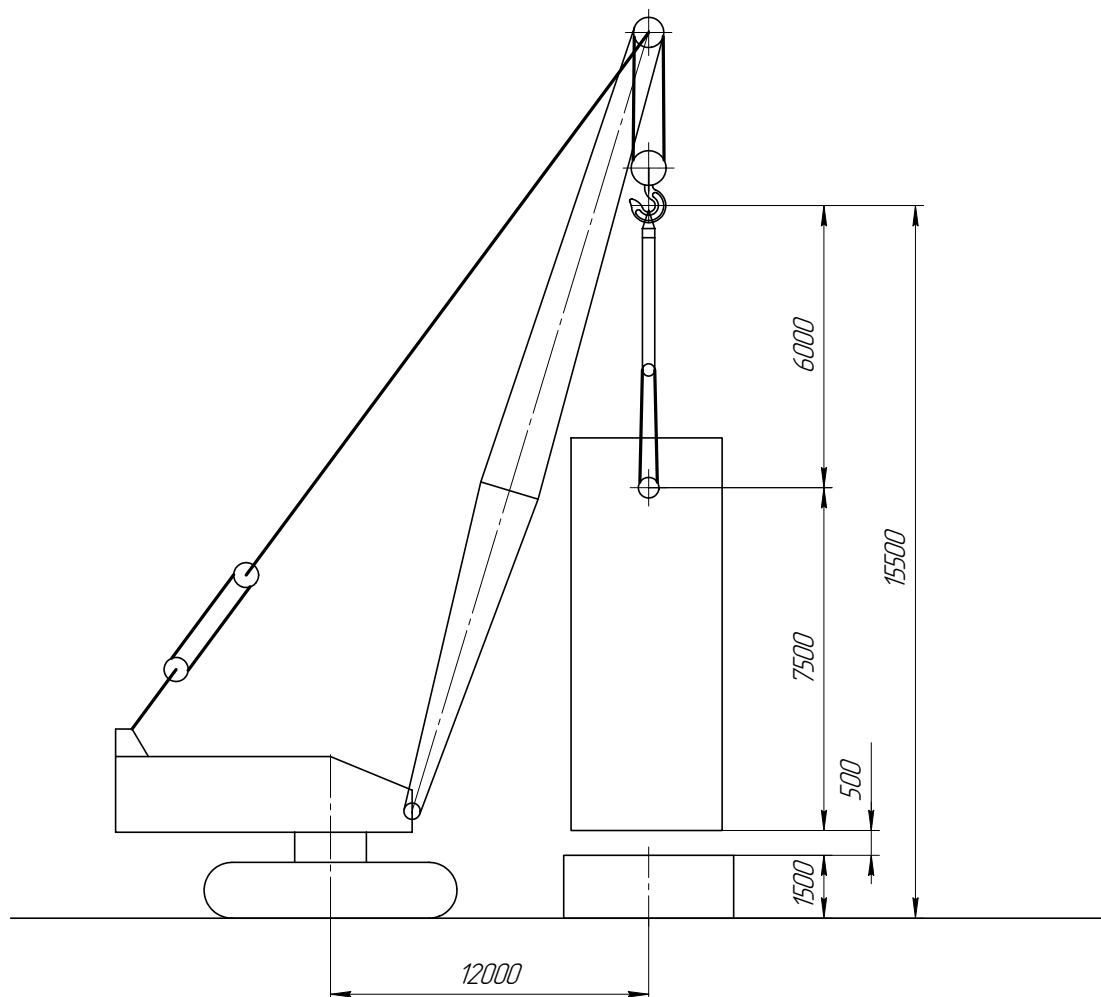


Рисунок 6.1 – Схема монтажа реактора селективной очистки

При подъеме оборудование выкладывается в исходное положение и стропится за вершину. Кран устанавливается непосредственно у фундамента так, чтобы в процессе подъема и установки оборудования на фундамент вылет крюка был минимальным.

При окончательной установке оборудования его нижнюю часть плавно опирают на фундамент в проектное положение.

		N							30

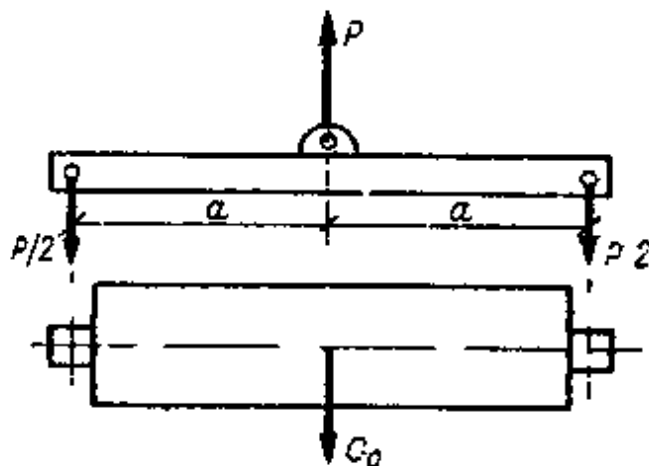


Рисунок 6.2 – Расчётная схема траверсы, работающей на изгиб

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 $a = \frac{B}{2} + 0,12 = \frac{3}{2} + 0,12 = 1,62 \text{ м}$ – 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°C и не выше 40°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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен Н. Г., Общая химическая технология, изд. 2-е, перераб. и доп., М.: «Высшая школа», 1990. – 522 с.
2. Скобло А.И. и др. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2000. – 677 с.
3. Павлов К.Ф., Романков А.А., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». – Л.: Химия, 1981. – 552 с.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с.
5. Тимонин А.С. основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002. Т.1, 852 с., т.2, 1028 с., т.3, 968 с.
6. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры.– М.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
7. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи / под ред. М.Ф. Михалева.– Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.
8. Матвеев В.В., Крупин Н.Ф. Примеры расчета такелажной оснастки.– Л.: Стройиздат, 1987. – 320 с.

		N				38