

## Аннотация

В дипломном проекте рассчитывается оборудование для очистки пропеллента, являющееся составной частью цеха производства продукции в аэрозольной упаковке ОАО «Арнест».

В проект вошли следующие разделы:

- обзор и анализ состояния вопроса;
- технологический раздел;
- расчетно-конструкторский раздел;
- специальный раздел;
- автоматизация оборудования;
- безопасность и экологичность проекта;
- организационно-экономический раздел.

Дипломный проект включает

- страниц –
- рисунков –
- таблиц –
- литературных источников –

5 Автоматизация оборудования.....	58
5.1 Выбор и обоснование параметров контроля и управления .....	58
5.2 Выбор и обоснование технических средств и систем автоматизации.....	59
6 Безопасность и экологичность проекта .....	65
6.1 Анализ опасных и вредных факторов .....	66
6.2 Мероприятия по предотвращению воздействия опасных и вредных факторов .....	68
6.3 Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях.....	70
7 Организационно-экономический раздел .....	72
7.1 Техничко-экономическая характеристика.....	72
7.2 Себестоимость продукции .....	72
7.3 Обоснование производственной мощности .....	73
7.4 Организация труда и расчет заработной платы. ....	74
7.5 Прибыль .....	76
7.6 Расчет эффективности использования основных средств .....	76
7.7 Сводные показатели эффективности проектного решения .....	77
7.8 Построение графика.....	78
7.9 Заключение об экономической эффективности.....	79
Заключение .....	80
Список использованных источников .....	81

# 1 Обзор состояния вопроса

## 1.1 Обзор технологии подготовки пропеллента

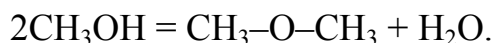
### 1.1.1 Основные свойства ДМЭ

Диметиловый эфир ( $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ ) является первым, а значит - простейшим представителем гомологического ряда простых эфиров. При обычных условиях это газ, конденсирующийся при  $-21,5\text{ }^\circ\text{C}$  в подвижную жидкость с плотностью при  $25\text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $0,61\text{ МПа}$ , равной  $0,67\text{ г/см}^3$ . С точки зрения химических свойств, ДМЭ довольно инертен. Разрушение связей и взаимодействие с другими реагентами происходит только при очень жестких воздействиях (высокая температура, агрессивные окислители и восстановители). Как и другие эфиры ДМЭ склонен образовывать при хранении с доступом воздуха взрывчатые перекиси. Крайне огнеопасен, обладает аномально широким интервалом концентрационных пределов взрываемости в смеси с воздухом, который составляет от  $3,4\%$  до  $17\%$ .

В отличие от других видов пропеллентов ДМЭ обладает свойствами усилителя запахов (ароматического потенцера), что накладывает довольно жесткие требования на содержание в нем одорирующих примесей.

Из других наиболее значимых физических свойств ДМЭ, следует отметить довольно высокую его растворимость в воде и соответственно - воды в ДМЭ.

Промышленное получение ДМЭ основано на каталитической дегидратации метанола по реакции



При этом может проходить ряд побочных процессов, связанных с превращением как основного вещества (метанола), так и примесей, неизбежно присутствующих в метаноле-сырце с образованием продуктов, присутствие которых недопустимо в пропелленте.

Лабораторный анализ в качестве основных и характерных примесей в товарном ДМЭ выявил метанол ( $0,001 - 0,02\%$ ). Кроме того, основной одорирующей примесью являются меркаптаны, основу которых составляет метилмеркаптан. Его

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

ты с регулярным размером пор. Этот тип сорбентов хорошо и прочно сорбирует многие вещества и может при этом многократно регенерироваться методом термодесорбции практически до первоначального состояния.

Адсорбция – распространенный массообменный процесс, осуществляемый в аппаратах с неподвижным слоем твердой фазы. Адсорбцией называется процесс поглощения газов (паров) или жидкостей поверхностью твердых тел (адсорбентов). В случае избирательного поглощения компонентов смеси появляется возможность ее разделения на составляющие компоненты. Явление адсорбции связано с наличием сил притяжения между молекулами адсорбента и поглощаемого вещества.

Такого рода процессы в неподвижном слое адсорбента являются нестационарными и периодическими. При этом концентрации в твердом материале и в газе (или в жидкости), находящихся внутри аппарата, меняются во времени. Процесс длится до тех пор, пока конечная концентрация в среде, проходящей через слой твердой фазы (сорбента), не превысит некоторого предельного значения (концентрация проскока), после чего сорбент подвергают регенерации (обычно десорбцией) [1, стр. 144].

Адсорбция является одним из эффективных методов разделения газообразных и жидких смесей компонентов, различающихся структурой молекул. По сравнению с другими массообменными процессами наиболее эффективно ее использование в случае малого содержания извлекаемых компонентов в исходной смеси [2, стр. 274].

На основании проведенных лабораторных исследований [2] и технологических расчетов выбираем следующую схему очистки: диметиловый эфир последовательно пропускается через три поглотительных колонны.

Первая колонна заполняется силикагелем, и предназначена в основном для удаления из сырого ДМЭ воды. Далее продукт проходит колонну с натронной известью для удаления кислых газов и частично – формальдегида и меркаптанов. Третья колонна заполняется цеолитами 13X или аналогичными для окончательного удаления этанола, меркаптанов и других одорирующих примесей.

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

## 1.2.2 Адсорберы с неподвижным слоем адсорбента

Адсорберы с неподвижным слоем адсорбента представляют собой вертикальные аппараты, заполненные гранулированным адсорбентом. В промышленной практике общая высота слоя адсорбента предопределяется необходимым его объемом и величиной гидравлического сопротивления слоя адсорбента; обычно она составляет от 2 до 12 м.

На рисунке 2.1 представлен адсорбер, предназначенный для очистки природного газа от сероводорода и меркаптанов.

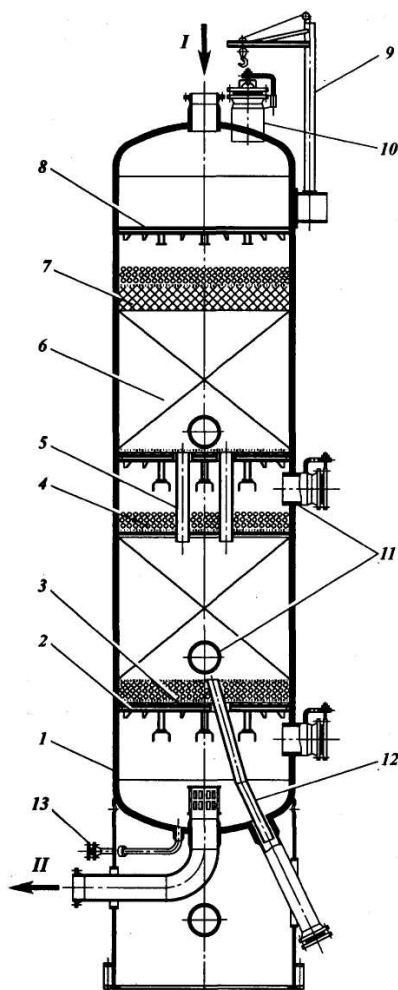


Рисунок 1.1 – Адсорбер аксиального типа с неподвижным слоем адсорбента:

1 – корпус; 2 – опорная решетка; 3 – перфорированный лист и два слоя сетки; 4 – фарфоровые шары; 5 – переточные трубы для загрузки (выгрузки) адсорбента; 6 – слой цеолита; 7 – слой алюмогеля; 8 – решетка; 9 – кран-укосина; 10 – штуцер для загрузки адсорбента; 11 – люк-лаз; 12 – трубопровод для выгрузки адсорбента. Поток: I – исходный газ; II – отработанный газ

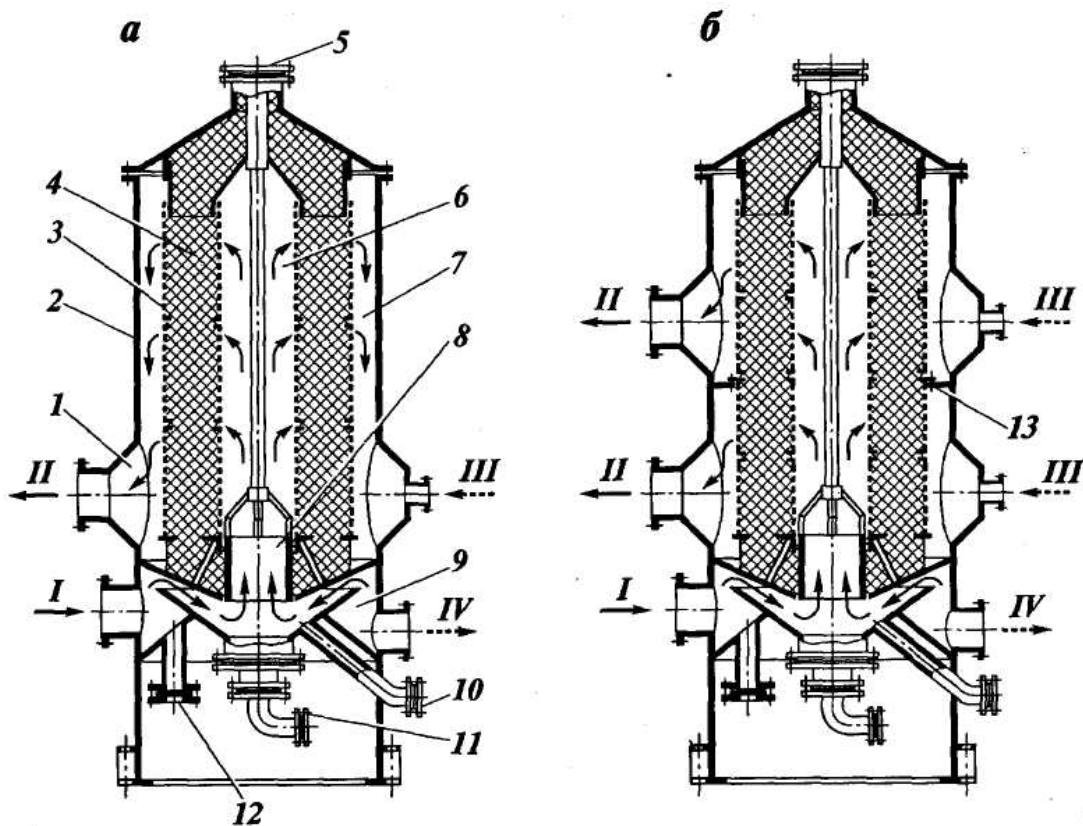


Рисунок 1.2 – Адсорбер радиального типа с неподвижным слоем адсорбента:

а – несекционированный; б – секционированный; 1 – собирающий коллектор; 2 – корпус; 3 – кольцевая решетка; 4 – слой адсорбента; 5 – штуцер для загрузки адсорбента; 6 – центральный раздающий канал; 7 – кольцевой собирающий канал; 8 – разгрузочное устройство; 9 – раздающий коллектор; 10 – штуцер для выгрузки адсорбента; 11 – штуцер для слива конденсата; 12 – предохранительная разрывная мембрана; 13 – секционирующая перегородка. Поток: I – исходный газ; II – отработанный газ; III – водяной пар на десорбцию; IV – смесь паров воды и адсорбата

Десорбция органических веществ из адсорбента осуществляется острым водяным паром при температуре 105–140 °С. Смесь десорбированных органических веществ и воды выводится из нижней части адсорбера через штуцер 10. После окончания стадии десорбции осуществляется сначала сушка адсорбента подогретым атмосферным воздухом при температуре 60–100 °С и затем охлаждение атмосферным воздухом. По условиям технологии процесса очистки газов стадии сушки и охлаждения могут быть исключены.

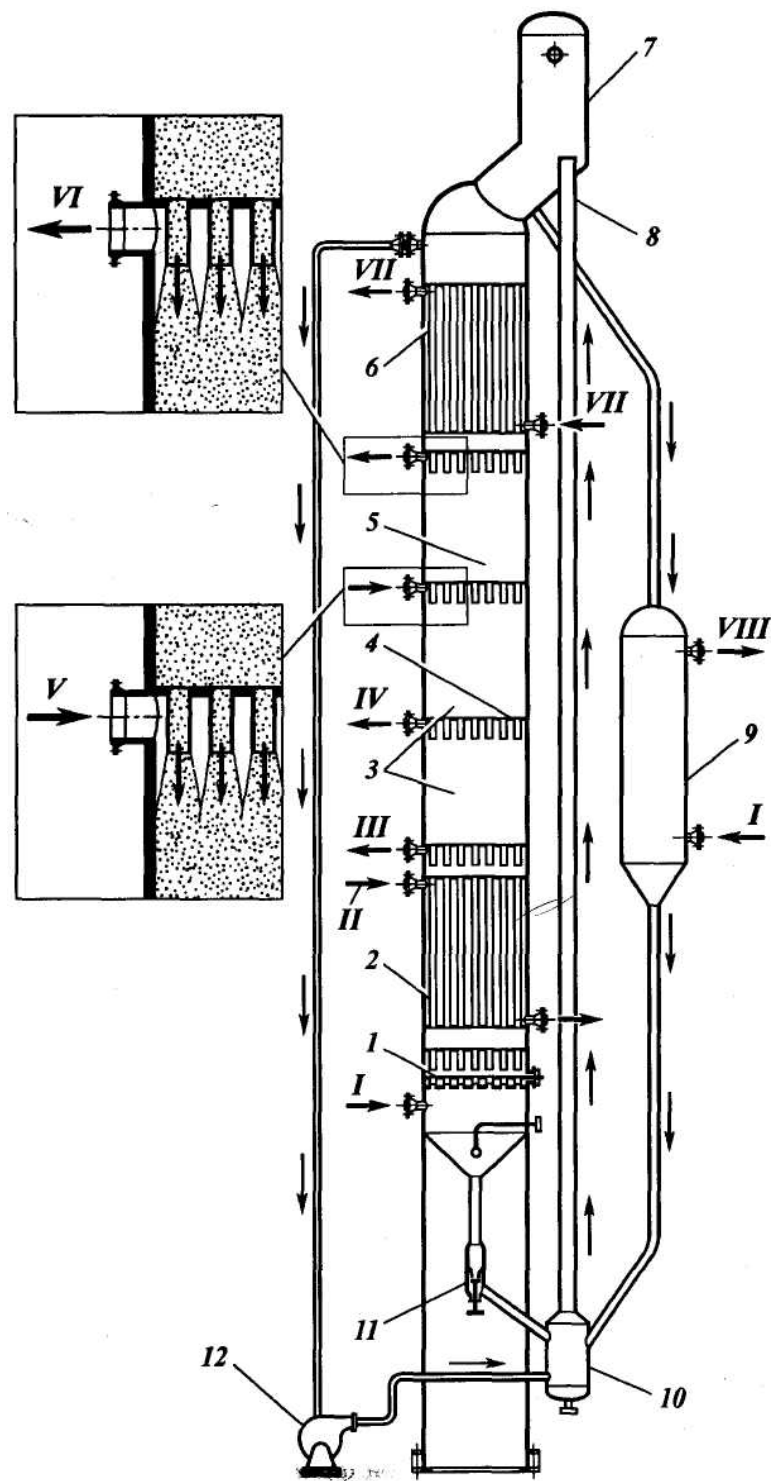


Рисунок 1.3 – Адсорбер с движущимся слоем адсорбента:

1 – питатель; 2 – нагреватель; 3 – зона ректификации; 4 – распределительная тарелка; 5 – зона адсорбции; 6 – холодильник; 7 – бункер; 8 – пневмоподъемник; 9 – реактиватор; 10 – сборник; 11 – регулирующая задвижка; 12 – газодувка. Потoki: I – водяной пар; II – греющий агент; III – тяжелая фракция; IV – промежуточная фракция; V – исходный газ; VI – легкая фракция; VII – охлаждающая вода; VIII – продукты реактивации и водяной пар

	N			

фракции, содержащиеся в адсорбате, вытесняются и замещаются более активными молекулами тяжелой фракции.

Таким образом, газовая фаза, перемещаясь снизу вверх, все более обогащается компонентами легкой фракции, тогда как адсорбат при перемещении адсорбента сверху вниз все более и более обогащается компонентами тяжелой фракции. С нижней распределительной тарелки адсорбент вместе с адсорбатом, состоящим в основном из компонентов тяжелой фракции, поступает в нагреватель 2, в котором адсорбент нагревается и тяжелая фракция десорбируется.

Для облегчения десорбции в нижнюю часть аппарата подается водяной пар. Тепло для нагрева адсорбента и десорбции подводится греющим агентом, например водяным паром, поступающим в межтрубное пространство нагревателя 2. Десорбированная тяжелая фракция частично отводится с нижней распределительной тарелки как целевой продукт, а частично в качестве внутреннего циркулирующего потока через трубки распределительной решетки направляется в зону ректификации для контактирования с адсорбентом.

Для повышения чистоты верхнего и нижнего продукта в средней части зоны ректификации отводится промежуточная фракция.

Нагретый адсорбент по пневмоподъемнику 8 направляется в бункер 7, откуда после отделения транспортирующего газа поступает в холодильник 6.

При наличии в исходном газе компонентов, отличающихся высокой адсорбционной способностью и потому трудно десорбируемых, последние накапливаются в циркулирующем адсорбенте, что может привести к значительному снижению его активности. Для поддержания активности адсорбента на постоянном уровне в схему установки включается реактиватор 9, через который циркулирует часть адсорбента. В реактиваторе создаются более жесткие условия десорбции (более высокая температура, повышенный расход водяного пара, окислительная регенерация и т.п.).

Использование отдельного аппарата (реактиватора), в котором поддерживаются более жесткие условия десорбции для части циркулирующего адсорбента, в ряде случаев экономически более выгодно, чем создание таких же условий в нагревателе для всего потока адсорбента. В этом случае необходимо зна-

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				



В таком адсорбере на специальных контактных устройствах (тарелках) осуществляется взаимодействие между газом и порошкообразным адсорбентом, в результате чего адсорбент переводится в состояние псевдооживления. Адсорбент, двигаясь сверху вниз через переточные устройства, передается с одной контактной ступени на другую. Газ движется в аппарате противотоком снизу вверх. Для отделения из газового потока частичек адсорбента перед выходом из адсорбера газ направляют в циклоны. В аппаратах с псевдооживленным (кипящим) слоем адсорбента можно интенсифицировать процесс массопередачи при адсорбции за счет уменьшения размера гранул и более интенсивного обновления их контактной поверхности.

На основании приведенного описания типов адсорберов принимаем конструкцию аппарата с неподвижным слоем адсорбента.

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

Насосы оснащены перепускными узлами (клапанами или байпасами) со сбросом избытка сжиженного газа в ж/д цистерну для возможности установления оптимального режима очистки.

Давление на выходе колонны с цеолитом поддерживается в пределах 0,5–0,7 МПа.

Очистка ДМЭ проводится в трех адсорбционных колоннах. При прохождении через первую по ходу движения ДМЭ колонну, заполненную силикагелем, происходит очистка его от этанола и частично от  $\text{CO}_2$  и влаги. Во второй колонне, заполненной натронной известью, происходит очистка ДМЭ от  $\text{CO}_2$ , влаги, сернистых соединений и меркаптанов. В третьей колонне заполненной цеолитом NaX, проходит окончательная очистка ДМЭ от меркаптанов и сернистых соединений после чего по трубопроводу очищенный ДМЭ подается в емкости.

При ухудшении качества очищенного ДМЭ на выходе из третьей колонны проводится регенерация адсорбента. Регенерация проводится в следующей последовательности:

- 1) освобождение колонны от жидкой фазы ДМЭ;
- 2) удаление паровой фазы из колонны;
- 3) регенерация адсорбента горячим сжатым азотом давлением 0,25 МПа;
- 3) охлаждение адсорбента азотом до температуры окружающей среды.

Поток регенерирующего и охлаждающего азота обратный потоку ДМЭ при очистке.

Для защиты окружающей среды поток регенерирующего азота на выходе из колонны три (с цеолитом) направляется в колонну с натронной известью. Натронная известь поглощает основную массу меркаптанов превращая их в меркаптиды. Регенерация натронной извести производится азотом с температурой окружающей среды не более  $50\text{ }^\circ\text{C}$  с выбросом на свечу высотой 30 метров. В случае снижения активности натронной извести (наблюдается проскок влаги из первой колонны) предусматривается продувка колонны сухим воздухом с точкой росы не ниже минус  $30\text{ }^\circ\text{C}$ .

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

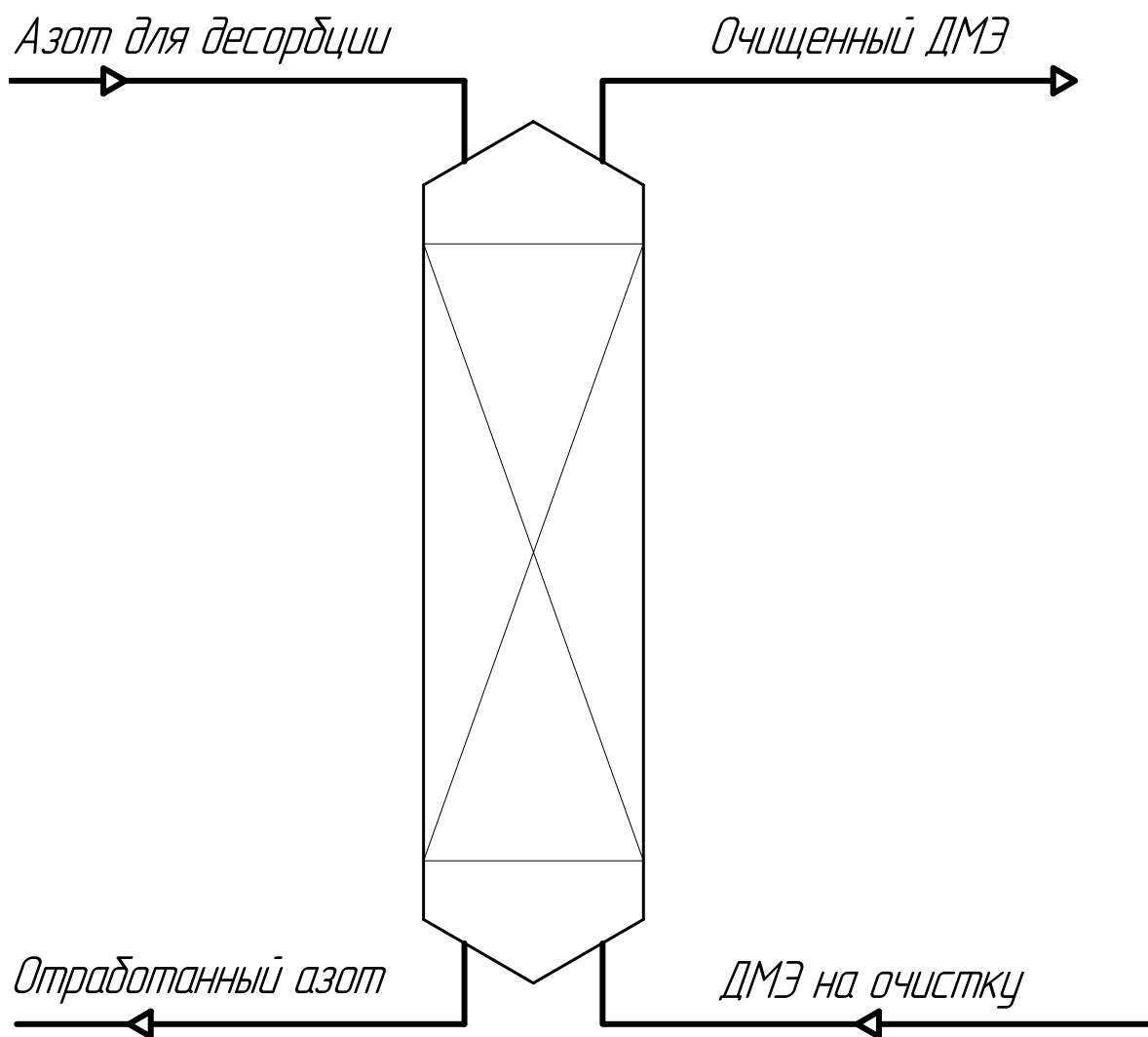


Рисунок 2.2 – Схема к технологическому расчету адсорбера

### 2.2.1 Материальный баланс

Массовый расход ДМЭ, подлежащего очистке

$$G := V \cdot \rho_{\text{ДМЭ}} \quad (2.1)$$

Расход этанола в исходном ДМЭ

$$G_1 := V \cdot C_{\text{Н}} \quad (2.2)$$

Расход этанола в очищенном ДМЭ

$$G_2 := V \cdot C_{\text{К}} \quad (2.3)$$

Количество этанола, подлежащего поглощению

$$G_{\text{а}} := V \cdot (C_{\text{Н}} - C_{\text{К}}) \quad (2.4)$$

### 2.2.3 Диаметр и высота адсорбера

Предельная допустимая скорость движения потока через слой адсорбента

$$\omega_{\text{lim}} := \sqrt{\frac{\rho_{\text{нас}} \cdot d_{\text{э}} \cdot g}{\rho_{\text{ж}}}}. \quad (2.10)$$

Тогда расчетный диаметр адсорбера

$$D := \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot \omega}}; \quad (2.11)$$

$$D = 0.431 \text{ м.}$$

Принимаем внутренний диаметр адсорбера

$$D := 0.45 \text{ м.}$$

Тогда действительная скорость движения жидкости

$$\omega := \frac{4V}{\pi \cdot D^2}. \quad (2.12)$$

### 2.2.4 Определение коэффициента массопередачи

Значение коэффициента диффузии при рабочих условиях

$$D_y := D_{y0} \cdot \frac{98.1 \text{ кПа}}{P} \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}}. \quad (2.13)$$

Критерий Рейнольдса

$$Re := \frac{\omega \cdot d_{\text{э}} \cdot \rho_{\text{ж}}}{\psi \cdot \mu_{\text{ж}}}. \quad (2.14)$$

Критерий Прандтля

$$Pr := \frac{\mu_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} \cdot D_y}. \quad (2.15)$$

Критерий Архимеда

$$Ar := \frac{g d_{\text{э}}^3 (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ж}}) \cdot \rho_{\text{ж}}}{\mu_{\text{ж}}^2}. \quad (2.16)$$

## 2.2.5 Определение продолжительности адсорбции

Для определения высоты насадки, обеспечивающей необходимую степень очистки газа в течение указанного времени воспользуемся уравнением Томаса

$$J(\alpha, \gamma) := \frac{1 - \operatorname{erf}(\sqrt{\alpha} - \sqrt{\gamma})}{2} + \frac{\exp\left[-(\sqrt{\alpha} - \sqrt{\gamma})^2\right]}{2\sqrt{\pi}\left[(\alpha \cdot \gamma)^{\frac{1}{4}} + \sqrt{\gamma}\right]}. \quad (2.25)$$

Принимаем ориентировочно высоту насадки (подлежит уточнению при итерациях)

$$z := 3.8 \text{ м}.$$

Функция продолжительности адсорбции в зависимости от вспомогательной величины  $T$

$$\tau(T) := \frac{T \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot X(C_H) + C_H \cdot \varepsilon}{\omega \cdot C_H} \cdot z. \quad (2.26)$$

Фактическое число единиц переноса в аппарате

$$n_{\text{оу}} := \frac{K_y \cdot a \cdot z}{\omega}. \quad (2.27)$$

Функция вспомогательной величины  $T$  от продолжительности адсорбции

$$T(\tau) := C_H \cdot \frac{\tau \cdot \omega - z \cdot \varepsilon}{z \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot X(C_H)}. \quad (2.28)$$

Максимальное время адсорбции, по истечении которого концентрация этанола в ДМЭ на выходе из аппарата начнет превышать допустимое, определяется численным решением уравнения

$$C_K = C_H \cdot J(n_{\text{оу}}, n_{\text{оу}} \cdot T(\tau)); \quad (2.29)$$

$$\tau_{\text{max}} = 13.595 \text{ ч}.$$

Принимаем продолжительность стадии адсорбции 13 часов

$$\tau_{\text{раб}} := 13 \text{ ч}.$$

График зависимости концентрации этанола на выходе из адсорбера показан на рисунке 2.4.

Функция вспомогательной величины

$$\Gamma(z) := C_H \cdot \frac{\theta \cdot \omega - z \cdot \varepsilon}{z \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot X(C_H)} \quad (2.31)$$

Функция значения равновесной концентрации этанола в конце принятого периода адсорбции в зависимости от высоты контрольной точки

$$X_{\Gamma}(h) := X(C_H) \cdot (1 - J(n_{\text{oy}}(h) \cdot \Gamma(h), n_{\text{oy}}(h))) \quad (2.32)$$

Равновесная концентрация этанола в верхней точке аппарата в конце принятого периода адсорбции

$$X_K := X_{\Gamma}(z) \quad (2.33)$$

Максимальная равновесная концентрация этанола в адсорбенте, при превышении которой качество очистки становится ниже допустимого

$$X_{\text{max}} := X(C_H) \cdot \left[ 1 - J \left[ n_{\text{oy}}(z) \cdot \left( C_H \cdot \frac{\tau_{\text{max}} \cdot \omega - z \cdot \varepsilon}{z \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot X(C_H)} \right), n_{\text{oy}}(z) \right] \right] \quad (2.34)$$

График зависимости концентрации этанола от координаты по высоте аппарата приведен на рисунке 2.5.

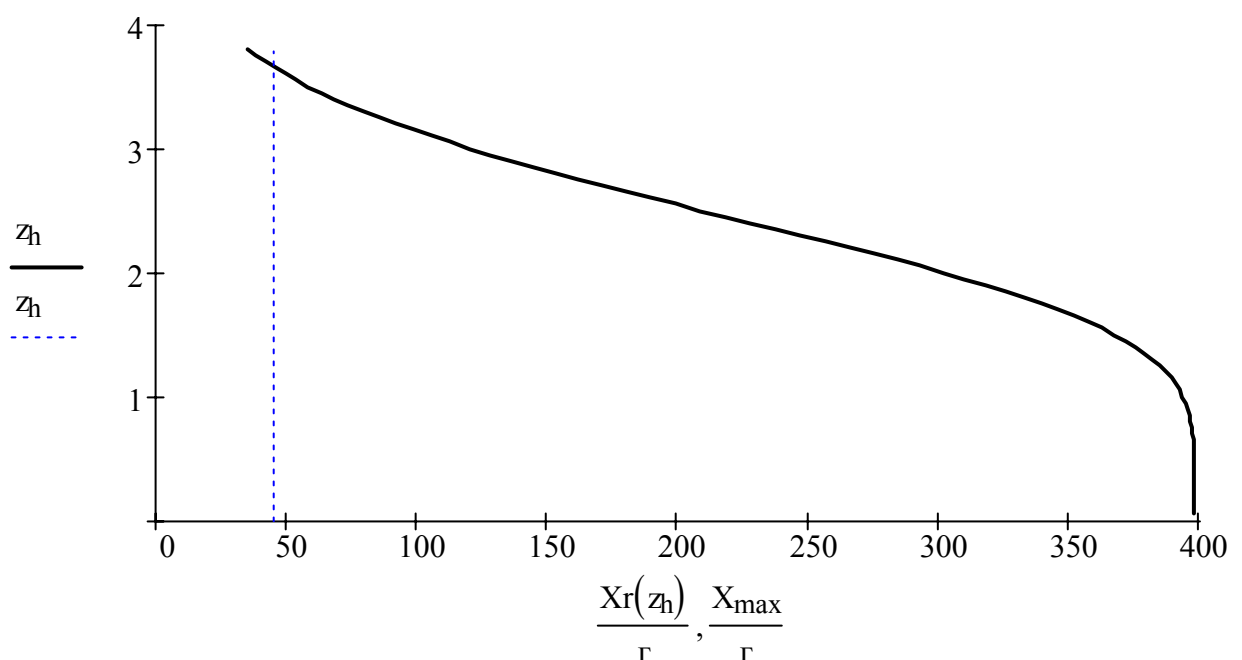


Рисунок 2.5 – Зависимость концентрации этанола в силикагеле по высоте аппарата через 12 часов после начала адсорбции

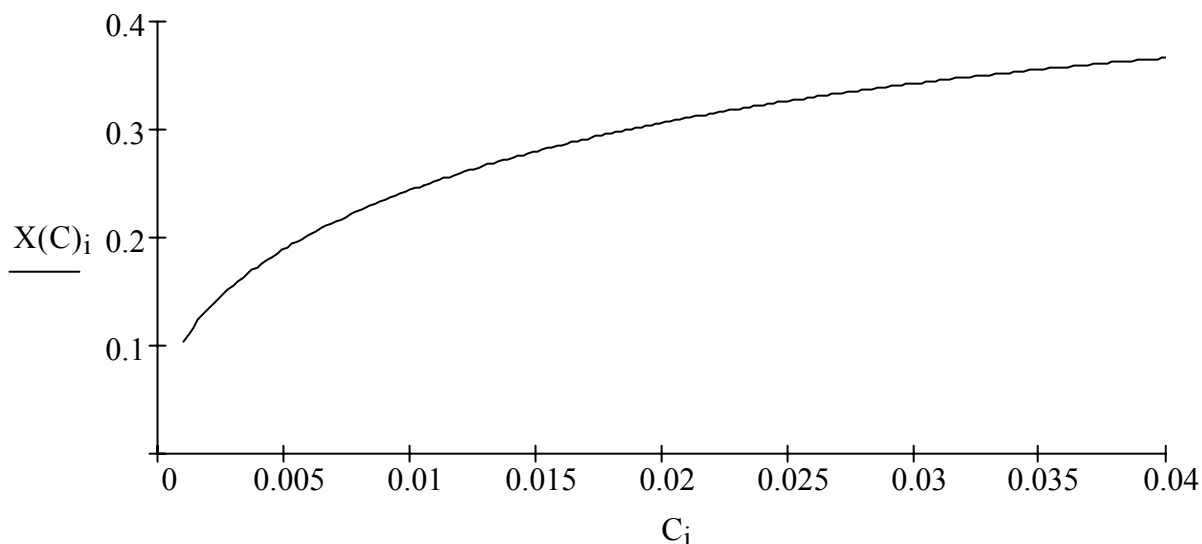


Рисунок 2.6 – Равновесная кривая для стадии десорбции

Принимаем продолжительность стадии десорбции 1 час. График зависимости концентрации этанола в азоте на выходе из адсорбера показан на рисунке 2.7.

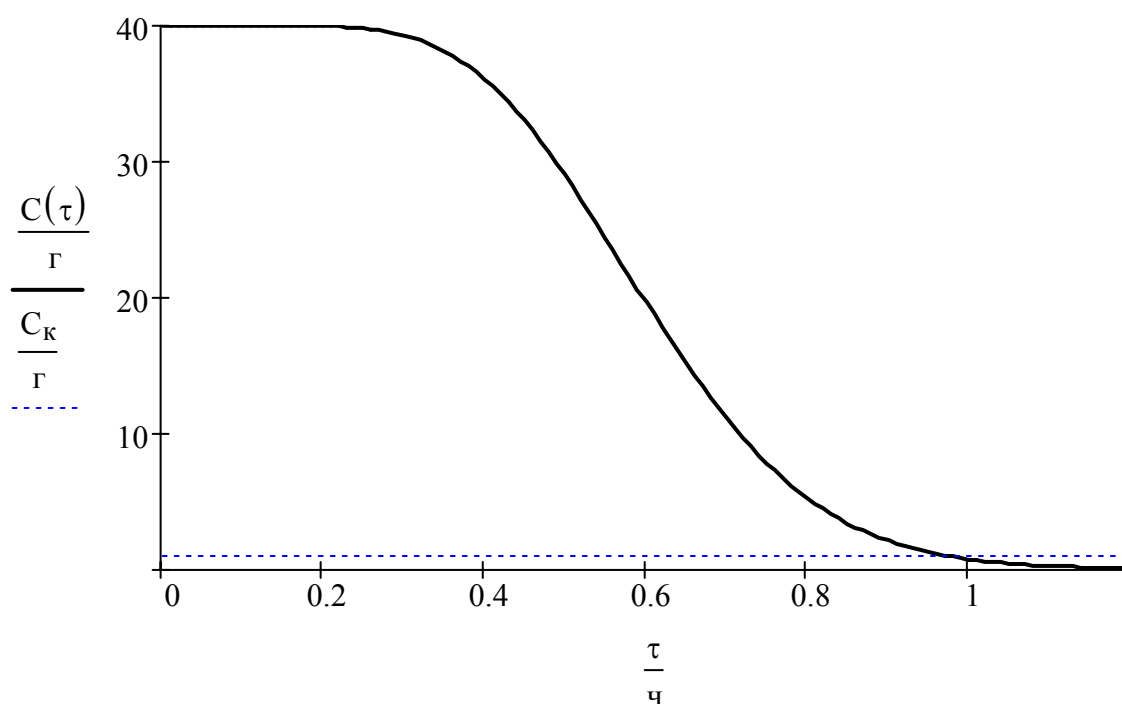


Рисунок 2.7 – Зависимость концентрации этанола в азоте на выходе и адсорбера от продолжительности стадии десорбции

По этому графику видно, что примерно до 0.3 часа концентрация этанола в азоте на выходе и аппарата равна максимально возможной для данных условий

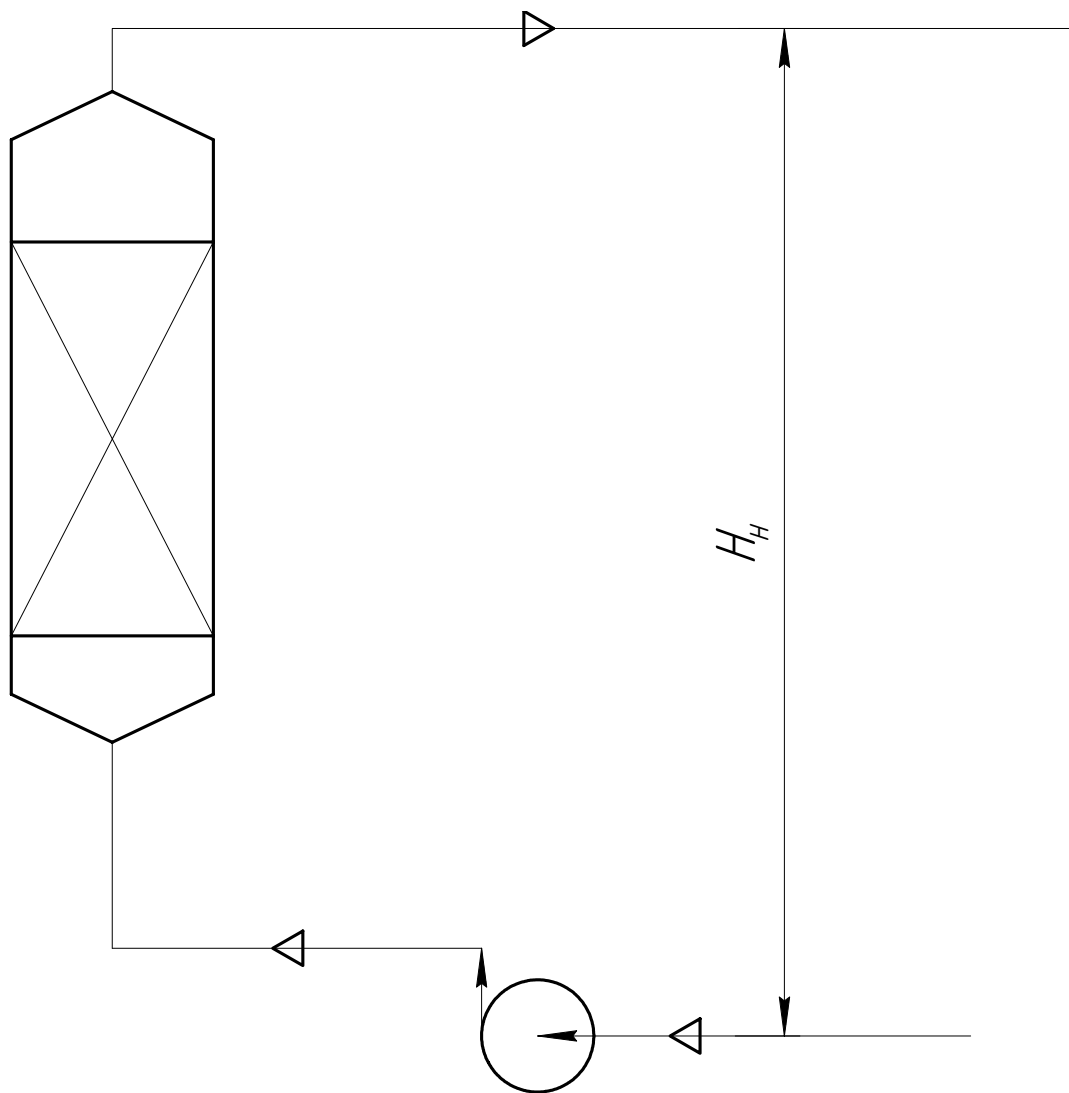


Рисунок 2.8 – Схема к расчету насоса

Принимаем одинаковый диаметр для всасывающего и нагнетательного трубопровода. В соответствии с рекомендациями [2] принимаем скорость движения ДМЭ в трубопроводе

$$\omega = 2 \text{ м/с.}$$

Тогда диаметр трубопровода

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,00113}{3,14 \times 2}} = 0,0268 \text{ м.} \quad (2.43)$$

Принимаем трубу с внутренним диаметром 25 мм и толщиной стенки 2 мм. Тогда действительная скорость ДМЭ в трубопроводе

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				



$$h_{\text{тр+мс}} = \left( \lambda \frac{1}{d_s} + \sum \xi_{\text{м.с.}} \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left( 0,0281 \times \frac{30}{0,025} + 6,04 \right) \frac{2,30^2}{2 \times 9,81} = 7,69 \text{ м.} \quad (2.51)$$

Необходимый напор насоса

$$H = \frac{p_2 - p_1}{g \rho} + h_{\text{тр+мс}} + h_r, \quad (2.52)$$

где  $p_2$  – давление в адсорбере,  $p_2 = 2,1$  МПа;

$p_1$  – давление перед всасывающим патрубком,  $p_1 = \text{атм} = 1,01 \times 10^5$  Па;

$h_r$  – геометрическая высота подъема жидкости, принимаем  $h_r = 10$  м.

Соответственно

$$H = \frac{21 \times 10^5 - 1,01 \times 10^5}{9,81 \times 670} + 7,69 + 10 = 321 \text{ м.}$$

Такой напор можно обеспечить двухступенчатым центробежным насосом.

Полезная мощность насоса

$$N_{\text{п}} = \rho g L H = 670 \times 9,81 \times 0,00113 \times 321 = 23,84 \text{ кВт.} \quad (2.53)$$

Принимаем КПД

$$\eta = 0,7.$$

Тогда мощность на валу двигателя

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{п}} / \eta = 23,84 / 0,7 = 34,05 \text{ кВт.} \quad (2.54)$$

В соответствии со справочными данными [2, табл. I.2] принимаем насос 2XB40/68 с напором 400 при расходе  $68 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				



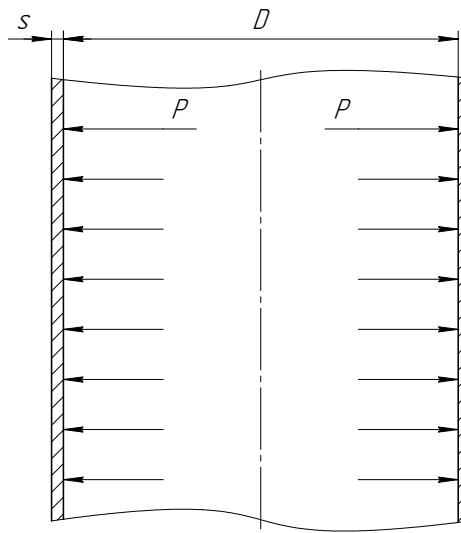


Рисунок 3.2 – Схема к расчету толщины стенки цилиндрической обечайки

где  $s_p$  – расчетная толщина стенки

$$s_p = \max \left( \frac{p_p D}{2\varphi[\sigma] - p_p}, \frac{p_{и} D}{2\varphi[\sigma]_{и} - p_{и}} \right), \quad (3.10)$$

где  $p_p$  и  $p_{и}$  – расчетное давление в аппарате и давление при испытаниях соответственно, МПа;

$D$  – внутренний диаметр обечайки,  $D = 450$  мм;

$\varphi$  – 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;

$s$  – прибавка к расчетной толщине, мм.

Расчетное давление в аппарате

$$p_p = p_T + p_{г}, \quad (3.11)$$

где  $p_T$  – технологическое давление в аппарате,  $p_T = 2,1$  МПа;

$p_{г}$  – гидростатическое давление столба жидкости в аппарате

$$p_{г} = \rho_{ж} g h_{об}, \quad (3.12)$$

где  $\rho_{ж}$  – плотность жидкости в аппарате,  $\rho_{ж} = 670$  кг/м<sup>3</sup>;

$h_{об}$  – высота обечайки аппарата,  $h_{об} = 4000$  мм

$$p_{г} = 670 \times 9,81 \times 4 = 0,026 \text{ МПа}. \quad (3.13)$$

Соответственно

$$p_p = 2,100 + 0,026 = 2,126 \text{ МПа}. \quad (3.14)$$

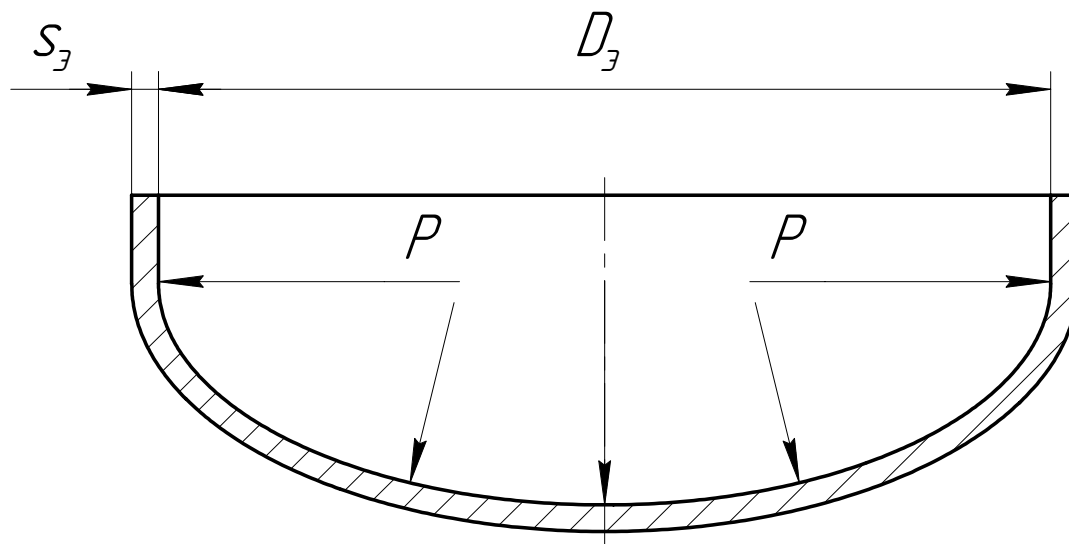


Рисунок 3.3 – Схема к расчету толщины стенки эллиптического днища

Исполнительную толщину стенки с цилиндрической обечайки определяют по формуле

$$s_э = s_{эп} + c, \quad (3.19)$$

где  $s_{эп}$  – расчетная толщина стенки

$$s_{эп} = \max \left( \frac{p_p D_э}{2\phi[\sigma] - 0,5p_p}, \frac{p_n D_э}{2\phi[\sigma]_и - 0,5p_n} \right). \quad (3.20)$$

Расчетная толщина стенки

$$s_{эп} = \max \left( \frac{\left( \frac{2,126 \times 450}{2 \times 1,0 \times 160 - 0,5 \times 2,126} \right)}{\left( \frac{2,769 \times 450}{2 \times 1,0 \times 167 - 0,5 \times 2,769} \right)} = \max \left( \frac{3,00}{2,75} \right) = 3,00 \text{ мм.}$$

Толщина стенки эллиптического днища с учетом прибавки

$$s_э = 3,00 + 0,75 = 3.75 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительную толщину стенки днища

$$s_э = 5 \text{ мм.}$$

Допускаемое давление в рабочем состоянии и при испытаниях

$$[p] = \frac{2\phi[\sigma](s_э - c)}{D + 0,5(s_э - c)} = \frac{2 \times 1,0 \times 160 \times (5 - 0,75)}{450 + 0,5 \times (5 - 0,75)} = 3,008 \text{ МПа;} \quad (3.21)$$

$$[p]_и = \frac{2\phi[\sigma]_и(s_э - c)}{D + 0,5(s_э - c)} = \frac{2 \times 1,0 \times 167 \times (5 - 0,75)}{450 + 0,5 \times (5 - 0,75)} = 4,273 \text{ МПа.} \quad (3.22)$$

Эффективная ширина уплотнения для  $b < 15$  мм

$$b_3 = b = 14 \text{ мм.} \quad (3.24)$$

Допускаемая удельная нагрузка на прокладку

$$q = 20 \text{ МПа.}$$

Расчетная сила осевого сжатия

$$P_n = \pi D_n b_3 k q, \quad (3.25)$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от материала и конструкции уплотнения, для комбинированной прокладки  $k = 2.5$  [6, табл. 20.27].

$$P_n = 3.14 \times 0.340 \times 0.014 \times 2.5 \times 20 = 1.21 \text{ МН.}$$

### 3.4.3 Расчет нагрузки на шпилечное соединение.

Расчетная сила от давления среды

$$P_c := \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} p = \frac{3.14 \times 0.340^2}{4} \times 2.1 = 1.19 \text{ МН.} \quad (3.26)$$

Принимаем изгибающий момент от действия внешних нагрузок

$$M_{\text{и}} = 0 \text{ МН} \times \text{м.}$$

Константа жесткости соединения при неметаллической прокладке в металлической оболочке [6, табл. 20.28].

$$\alpha := 1.45.$$

Расчетное растягивающее усилие в шпильках при затяжке соединения

$$P_{\text{б1}} := \alpha \cdot P_c + P_n + \frac{4M_{\text{и}}}{D_n} = 1.45 \times 1.19 + 1.21 + \frac{4 \times 0}{0.340} = 2.93 \text{ МН.} \quad (3.27)$$

В рабочих условиях

$$P_{\text{б2}} := P_c + P_n + \frac{4M_{\text{и}}}{D_n} = 1.45 + 1.21 + \frac{4 \times 0}{0.340} = 2.66 \text{ МН.} \quad (3.28)$$

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

$$D_6 = 430 \text{ мм.}$$

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

$$d_6 = 27 \text{ мм.}$$

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

Расчетная температура фланца и шпилек равна температуре аппарата – 20 °С. Допускаемое напряжение шпилек при такой температуре составит  $[\sigma]_6 = 132$  МПа. Толщина втулки фланца  $s_0$  выбирается из условия

$$s_0 \geq s,$$

где  $s$  – исполнительная толщина стенки фланца,  $s = 4$  мм. Примем  $s_0 = 5$  мм.

Высота втулки фланца

$$h_b = 0,5\sqrt{D(s_0 - c)} = 0,5 \times \sqrt{32 \times (5 - 0,75)} = 27,5 \text{ мм.} \quad (3.32)$$

Принимаем  $h_b = 28$  мм. Диаметр шпилечной окружности фланцев

$$D_6 \geq D + 2(s_0 + d_6 + u),$$

где  $d_6$  – наружный диаметр шпилек, для проектируемого фланца рекомендуемый диаметр составляет 16 мм [1, т. 1.40];

$u$  – нормативный зазор между гайкой и втулкой,  $u = 12$  мм [1, с. 95].

Соответственно

$$D_6 = 32 + 2 \times (5 + 16 + 12) = 98 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр фланца

$$D_n = D_6 + a,$$

где  $a$  – конструктивная добавка для размещения гаек по периметру,  $a = 18$  мм [1, т. 1.41]. Итого

$$D_n = 98 + 18 = 116 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр прокладки

$$D_{np} = D_6 - e, \quad (3.33)$$

где  $e$  – нормативный параметр, зависящий от типа прокладки, для плоских прокладок и  $d_6 = 16$  мм  $e = 28$  мм. Тогда

$$D_{np} = 98 - 28 = 70 \text{ мм.}$$

Средний диаметр прокладки

$$D_{cp} = D_{np} - b, \quad (3.34)$$

где  $b$  – ширина прокладки, мм.

Для плоских металлических прокладок  $b = 15$  мм [1, т. 1.42].

$$D_{cp} = 70 - 15 = 55 \text{ мм.}$$

Количество шпилек, необходимое для обеспечения герметичности соединения

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

$$G_{об} = 4 \times \frac{3,14 \times [(0,45+2 \times 0,005)^2 - 0,45^2]}{4} \times 7,85 = 0,45 \text{ т.}$$

Масса плоской крышки

$$G_k = \frac{\pi D_k^2}{4} s_k \rho, \quad (3.39)$$

где  $D_k$  – диаметр крышки,  $D_k = 0,485$  м;

$s_k$  – толщина крышки,  $s_k = 0,032$  м.

$$G_k = \frac{3,14 \times 0,485^2}{4} \times 0,032 \times 7,85 = 0,047 \text{ т.}$$

Масса люка без крышки

$$G_l = \left( h_l \frac{\pi [(D_l+2s_l)^2 - D_l^2]}{4} + s_k \frac{\pi [D_k^2 - D_l^2]}{4} \right) \rho, \quad (3.40)$$

где  $h_l$  – высота люка,  $h_l = 0,165$ ;

$s_l$  – толщина стенки люка,  $s_l = 8$  мм.

$$G_l = \left( 0,165 \times \frac{3,14 [(0,30+2 \times 0,08)^2 - 0,30^2]}{4} + 0,032 \frac{\pi [0,485^2 - 0,30^2]}{4} \right) \times 7,85 =$$

$$= 0,068 \text{ т.}$$

Массу прочих штуцеров и вспомогательных устройств учтем 10% надбавкой.

Итого масса корпуса аппарата:

$$G_a = 1,1 [G_{об} + 2 \times (G_k + G_l)] = 1,1 \times [0,45 + 2 \times (0,047 + 0,068)] = 0,748 \text{ т.}$$

Масса воды внутри аппарата при гидроиспытании

$$G_b = h_l \frac{\pi D^2}{4} \rho_b, \quad (3.41)$$

где  $\rho_b$  – плотность воды,  $\rho_b = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

$$G_b = 4 \times \frac{3,14 \times 0,45^2}{4} \times 1,00 = 0,636 \text{ т.}$$

Максимальная масса, поддерживаемая опорами

$$G_m = G_a + G_b = 0,748 + 0,636 = 1,384 \text{ т.}$$

Ввиду того, что аппарат установлен всего на двух лапах, принимаем лапу большего размера для увеличения устойчивости. По каталогу выбираем две лапы общей грузоподъемностью

$$G_{оп} = 2 \times 1,6 = 3,2 \text{ т.}$$

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

$$\chi_1 = \frac{[\sigma]_{\text{ш}}}{[\sigma]}, \quad (3.43)$$

где  $[\sigma]_{\text{ш}}$  – допускаемое напряжение материала штуцера, т.к. штуцер изготовлен из того же материала, что и верхнее днище, то  $\chi_1 = 1$ .

Расчетный диаметр укрепляемого элемента (эллиптического днища)

$$D_p = D = 450 \text{ мм.}$$

Наибольший допустимый диаметр отверстия в эллиптическом днище, не требующего дополнительного укрепления

$$d_{\text{д}} := 2 \cdot \left[ \left( \frac{s - c_{\text{к}}}{s_{\text{п}}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{2 D_{\text{в}} \cdot (s - c_{\text{к}}) - c_{\text{к}}} \right] = \quad (3.44)$$

$$= 2 \left[ \left( \frac{5 - 0.75}{3.00} - 0.8 \right) \times \sqrt{2 \times 450 \times (5 - 0.75) - 0.75} \right] = 75 \text{ мм.}$$

Площадь сечения отверстия в стенке, подлежащая компенсации при укреплении отверстия

$$F_o = (d_{\text{ш}} - d_{\text{д}}) [s_{\text{эп}} - (s_{\text{э}} - s_{\text{эп}})] = (300 - 75) \times [3,00 - (5 - 3,00)] = 225 \text{ мм}^2. \quad (3.45)$$

Наружная и внутренние длины штуцера, участвующие в укреплении

$$l_1 = \sqrt{(d_{\text{ш}} + 2c_{\text{к}})(s_{\text{ш}} - c_{\text{к}})} = \sqrt{(300 + 2 \times 0,75) \times (5 - 0,75)} = 26,05 \text{ мм}; \quad (3.46)$$

$$l_2 = \sqrt{(d_{\text{ш}} + 2c_{\text{к}})(s_{\text{ш}} - 2c_{\text{к}})} = \sqrt{(300 + 2 \times 0,75) \times (5 - 2 \times 0,75)} = 21,27 \text{ мм.} \quad (3.47)$$

Минимальная толщина стенки штуцера при укреплении за счет увеличения толщины стенки

$$s_x := \frac{(s_{\text{шр}} + c_{\text{к}}) \cdot \alpha + 2 \cdot l_2 \cdot c_{\text{к}} + \frac{F_o}{2}}{\alpha + l_2}, \quad (3.48)$$

где  $\alpha$  – вспомогательная величина

$$\alpha = l_1 + s_{\text{э}} - s_{\text{эп}} - c_{\text{к}} = 26,05 + 5,00 - 3,00 - 0,75 = 27,30 \text{ мм.} \quad (3.49)$$

Соответственно

$$s_x = \frac{(1,98 + 0,75) \times 27,30 + 2 \times 21,27 \times 0,75 + 225/2}{27,30 + 21,27} = 4,51 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительную толщину стенки штуцера

$$s_{\text{ш}} = 5 \text{ мм.}$$

Площадь штуцера, участвующая в укреплении

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				



## 4 Специальный раздел

### 4.1 Определение монтажной массы аппарата

Аппарат монтируется полностью в собранном виде, но без насадки. Поэтому его монтажная масса

$$G_0 = G_a = 0.748 \text{ т.} \quad (4.1)$$

Принимаем монтажную массу колонны

$$G_0 = 1,0 \text{ т.}$$

### 4.2 Выбор способа доставки оборудования на монтажную площадку

Масса и габариты аппарата позволяют воспользоваться для его транспортировки простой техникой – автомобиль КамАЗ с длинномерным прицепом, поскольку длина груза (8 м) не позволяет использовать обыкновенный прицеп (допустимая длина груза до 6.5 м). Грузоподъемность выбранного прицепа составляет 14 т, а максимальная длина груза 12 м. Ограничений на скорость движения нет.

### 4.3 Выбор способа монтажа

Масса колонны позволяет использовать для его монтажа методом скольжения с отрывом от земли автомобильный кран ЗИЛ-130. Для определения максимального вылета воспользуемся графиком грузоподъемности этого крана на опорах, приведенным на рисунке 4.1

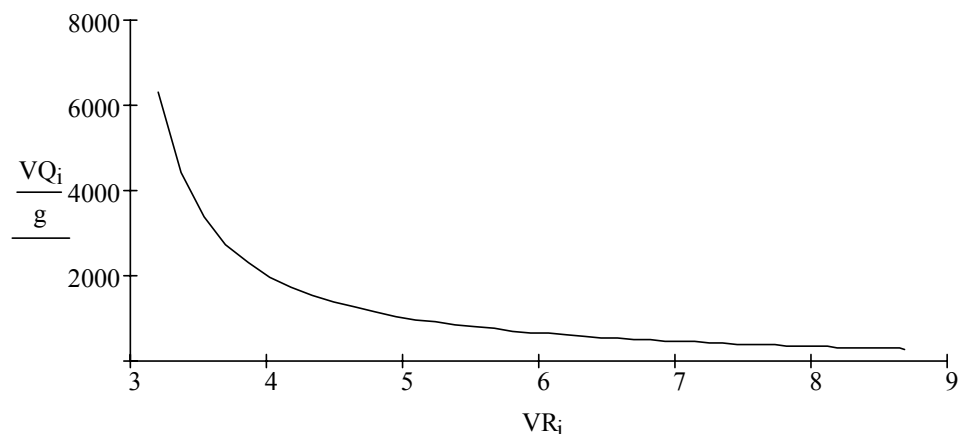


Рисунок 4.1 – График грузоподъемности на опорах

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

#### 4.5 Расчет монтажных штуцеров

Принимаем вылет монтажного штуцера  $l_{шт} = 50$  мм, тогда в соответствии с выбранной схемой монтажа изгибающий момент, действующий на каждый штуцер

$$M_{шт} = P_c l_{шт} = 0,660 \times 9,81 \times 0,050 = 0,323 \text{ кН}\cdot\text{м}. \quad (4.7)$$

Монтажный штуцер изготавливаем из стали, для которой допускаемое напряжение  $[\sigma] = 160$  МПа. Тогда минимальный расчетный момент сопротивления сечения штуцера составит

$$W_{\min} = \frac{M_{шт}}{[\sigma]} = \frac{0,323 \times 10^6}{160} = 2022 \text{ мм}^3. \quad (4.8)$$

Методом подбора выбираем трубу  $D \times s = 70 \times 4$ . Тогда момент сопротивления сечения штуцера составит

$$W_{шт} := \frac{\pi \cdot [D_{шт}^4 - (D_{шт} - 2s_{шт})^4]}{32 \cdot D_{шт}} = \frac{3,14 \times [70^4 - (70 - 2 \times 4)^4]}{32 \times 70} = 1295 \text{ мм}^3 \quad (4.9)$$

Длина сварного шва

$$l_{шв} := \pi \cdot D_{шт} = 3,14 \times 0,070 = 0,220 \text{ м}. \quad (4.10)$$

Принимаем катет шва равным толщине стенки штуцера

$$h_{шв} = 4 \text{ мм}.$$

Принимаем коэффициент провара  $\beta = 0,7$ . Тогда напряжение в сварном шве составит

$$\begin{aligned} \tau_{шв} &:= \frac{6M}{\beta \cdot h_{шв} \cdot l_{шв}^2} + \frac{P_c}{\beta \cdot h_{шв} \cdot l_{шв}} = \\ &= \frac{6 \times 0,323 \times 1000}{0,7 \times 0,004 \times 0,220^2} + \frac{0,660 \times 9,81}{0,7 \times 0,004 \times 0,220} = 7,1 \text{ МПа}. \end{aligned} \quad (4.11)$$

Поскольку  $1409 < 1600$ , то сварной шов выдержит.

#### 4.6 Расчет траверсы

Схема к расчету траверсы показана на рисунке 5.2.

Траверса работает под действием сжимающего усилия, которое можно определить по формуле

$$R_{\text{тр}} := P_c \cdot \tan(\alpha) = 6,60 \times \tan(40) = 5,5 \text{ кН.} \quad (4.18)$$

Траверса изготовлена из стали, поэтому допускаемое напряжение для нее составит  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ . Тогда расчетная площадь сечения траверсы

$$F_p := \frac{2R_{\text{тр}}}{\sigma_0} = 2 \times 5,5 / 160 = 687 \text{ мм}^2. \quad (4.19)$$

Выбираем двутавр №6, у которого площадь поперечного сечения составляет  $F = 730 \text{ мм}^2$ , радиус инерции  $i = 420 \text{ м}$ . Гибкость траверсы

$$\lambda := \frac{l_{\text{тр}}}{i} = 550 / 42 = 13. \quad (4.20)$$

Коэффициент продольного изгиба  $\varphi$  для гибкости  $\lambda = 13$  составляет

$$\varphi := 0.93.$$

Тогда напряжение сжатия в сечении траверсы будет

$$\sigma := \frac{R_{\text{тр}}}{F \cdot \varphi} = \frac{2 \times 0,55 \times 9,81}{730 \times 0.93} \times 1000 = 136 \text{ МПа.} \quad (4.21)$$

Поскольку  $1564 < 1600$ , то траверса выдержит нагрузку при монтаже.

#### 4.7 Технические условия на эксплуатацию и ремонт колонны

Техническая эксплуатация оборудования – это совокупность всех фаз существования и использования оборудования с момента взятия его на балансый учет до списания, включая периоды хранения, транспортирования потребителям, использования по назначению и проведения всех видов технического обслуживания и ремонта. Производственная эксплуатация – это одна из фаз технической эксплуатации, заключающаяся в использовании оборудования по назначению.

К эксплуатации технологического оборудования допускаются лица, прошедшие обучение по устройству, эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования со сдачей экзаменов цеховой комиссии и признанные медицинской комиссией годными для выполнения данной работы. Участие в приеме экзаменов

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

ремонту; руководители ремонта по объектам (отделениям, участкам, комплексам и т. п.); ответственные (комиссия) за качество и выполнение ремонта в установленные сроки. Подготовка и остановка основного технологического оборудования на ремонт осуществляется по письменному распоряжению начальника цеха, в котором указывается лицо, ответственное за остановку и подготовку оборудования к ремонту [9].

Вывод в ремонт неосновного оборудования производится на основании записи механика цеха (мастера по ремонту) в журнале начальника (мастера) смены. Механик обязан предварительно согласовать остановку оборудования на ремонт с начальником цеха. Ответственным лицом за вывод оборудования в ремонт могут быть: заместитель начальника цеха, начальник отделения (установки) или начальник смены.

На основании письменного распоряжения начальника цеха ответственное лицо за вывод оборудования в ремонт подготавливает оборудование к ремонту в установленном порядке. Вывод оборудования в ремонт и все ремонтные работы должны проводиться в полном соответствии с требованиями, изложенными в инструкциях и правилах, а также в других руководящих документах, относящихся к ремонту сложного оборудования и действующих на предприятии, в частности: а) по технике безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности цеха, в котором проводятся работы; б) по организации и ведению работ в газоопасных местах и порядку оформления разрешений на право выполнения этих работ на предприятии; в) о порядке проведения огневых работ; г) о порядке работы сторонних цехов и служб предприятия в технологических цехах.

Оборудование останавливают на ремонт в соответствии с действующей инструкцией по эксплуатации (пуску, обслуживанию и остановке) этого оборудования.

При подготовке оборудования к ремонту необходимо выполнить следующие работы: а) отключить электроэнергию, снять напряжение на сборках и щитах, отсоединить ремонтируемый объект от всех подходящих к объекту и отходящих от него коммуникаций с помощью заглушек; б) освободить оборудование и коммуникации от остатков технологических материалов, грязи и шлама с соответ-

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

руководитель ремонта. Проведение ремонта без оформления акта на сдачу оборудования в ремонт допускается только в тех случаях, когда ремонт осуществляется собственным ремонтным персоналом технологического цеха, в котором установлено данное оборудование. В этом случае запись о сдаче оборудования в капитальный ремонт делается в журнале начальников смен.

Без двухстороннего подписания документов на сдачу оборудования в ремонт руководитель ремонта не имеет права приступить к ремонту, а ответственное лицо за вывод и подготовку оборудования к ремонту не имеет права допускать ремонтников к началу работ на оборудовании.

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

когда температура ДМЭ в хранилище достигает 40 °С, а зимой выполняется дополнительный нагрев исходной смеси.

Показателем эффективности процесса очистки ДМЭ является концентрация метанола после адсорбера, которая зависит от степени насыщенности поглотителя метанолом. Наибольшей поглотительной способностью адсорбент обладает при температуре 60-65 °С. Если температура снижается, то возможен даже переход части поглощенного метанола обратно в ДМЭ.

Следовательно, задачей регулирования процесса очистки ДМЭ является поддержание температуры перед колонной в пределах 60-65 °С за счет регулирования расхода пара в промежуточный теплообменник П (см. схему автоматизации, прибор 8.1).

Установка очистки ДМЭ относится к категории пожаро- и взрывоопасных, поэтому принимаем пневматическую систему передачи сигнала.

Схема автоматизации реализована с помощью приборов пневматической ветви государственной системы, которые обеспечивают необходимую точность и достаточную дальность передачи сигнала (до 300 м).

## 5.2 Выбор и обоснование технических средств и систем автоматизации

Все приборы были выбраны на основании справочных данных, приведенных в [11].

Датчиком для измерения расходов выбрана камерная диафрагма ДК-150, создающая перепад давления на трубопроводе. Диафрагма работает в комплекте с дифманометром ДМ-П1, который преобразует перепад давления в стандартный унифицированный пневматический сигнал с давлением сжатого воздуха 0,02-0,1 МПа, который передается на показывающий и регистрирующий пневматический прибор ПВ2.2.

Контроль температуры исходного ДМЭ, температуры потока после рекуператора и температуры ДМЭ после теплообменника ведется с помощью хромель-копелевых термопар, установленных на трубопроводах. Сигнал передается на многоточечный потенциометр типа КСП4.

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

Таблица 5.1 – Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации						
СевКавГТУ НТИ		Производство подготовки пропеллента Отделение очистки ДМЭ				
					Дипломный проект	
					Лист 1	Листов 3
Позиция	Наименование параметра, среда, место отбора импульса	Предельное значения параметра	Место установки	Наименование и характеристика	Тип, модель	Завод- изготовитель
1	2	3	4	5	6	7
2-1	Температура исходного ДМЭ	25 °С	На трубопроводе	Термопара хромель копелевая с пределом измерения 800 °С, сталь 12Х18Н10Т	ТХК-0515	Приборостроительный завод г. Луцк
2-2	Температура ДМЭ, покидающего установку	40 °С		см. пункт 2-1		
2-3	Температура ДМЭ перед колонной очистки	65 °С		см. пункт 2-1		
2-4			Щит оператора	Многоточечный потенциометр, количество точек измерения до 6	КСП4	«Электроавтоматика» г. Йошкар - Ола
6-1	Температура ДМЭ после рекуператора	40 °С		см. пункт 2.1		

ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ

Продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7
6-2			Щит оператора	Милливольтметр, предназначенный для показания и регулирования температуры	ТГС-711	ОАО «Челябинский завод «Теплоприбор»
6-3			Щит преобразователей	Электропневматический преобразователь с выходным сигналом 0,02 – 0,1 МПа	ЭПП – 63	«Энергоприбор» г. Москва
8-1	Температура ДМЭ после подогревателя	65 °С		см. пункт 6-1		
8-2				см. пункт 6-2		
8-3				см. пункт 6-3		
4-1	Давление в колонне	2,1 МПа	В аппарате	Манометр сильфонный с унифицированным пневматическим сигналом 0,02 – 0,1 МПа, класс точности 1	МС – П2	«Манометр» г. Москва
4-2			Щит оператора	Вторичный прибор, показывающий, регистрирующий	ПВ2.2	«Тизприбор» г. Москва
1-1	Расход ДМЭ на очистку	50 м <sup>3</sup> /ч	На трубопроводе	Диафрагма камерная, условное давление P <sub>y</sub> 2,5 МПа, D <sub>y</sub> 100	ДК–175	«Монометр», г. Москва
1-2			По месту	Дифманометр преобразует перепад давления и расхода газа в пневматический унифицированный сигнал с дистанционной передачей 0,02 – 0,1 МПа	ДМ – П1	«Теплоприбор» г. Рязань
1-3				см. пункт 4-2		
5-1	Расход ДМЭ в теплообменник	40 м <sup>3</sup> /с		см. пункт 1-1		
5-2				см. пункт 1-2		

ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ



## 6 Безопасность и экологичность проекта

Цель дипломного проекта – разработка колонны для очистки диметилового эфира от метанола, работающей в составе установки подготовки пропеллента. Проектируемая колонна позволит уменьшить содержание вредных примесей в пропелленте, используемом для наполнения аэрозольных баллончиков.

Для достижения этой цели в дипломном проекте предусмотрены следующие мероприятия:

1) проанализированы примеси в исходном диметиловом эфире и выбрана методика их удаления, обеспечивающая приемлемую чистоту целевого продукта (см. раздел 1);

2) выполнены расчеты, определяющие оптимальные параметры для процесса адсорбции метанола из ДМЭ (см. раздел 2);

3) для предотвращения разрушения аппарата в рабочих условиях выполнены соответствующие расчеты на прочность (см. раздел 3);

4) для обеспечения безопасного монтажа выполнены расчеты и в соответствии с ними выбрана такелажная оснастка (см. раздел 4);

5) выбрана система контроля и автоматизации оборудования, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала и достижение заданной степени очистки при изменяющихся условиях работы аппарата (см. раздел 5);

6) результаты экономических расчетов подтвердили эффективность принятых решений (см. раздел 7);

Результаты дипломного проекта будут реализованы в природно-климатических условиях города Невинномыска, где климатические факторы, влияющие на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, приняты согласно данным Ставропольского краевого центра по гидрометеорологии: средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца  $T_{л} = 29,1^{\circ} \text{C}$ ; средняя максимальная температура наиболее холодного  $T_{з} = -4^{\circ} \text{C}$ .

Скорость ветра ( $V$ ) по средним многолетним данным, повторяемость превышения которой составляет 5 %, равна 8-9 м/с. Господствующее направление ветра - восточное, составляет 26%.

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

нечленораздельная речь а при достаточно серьезном отравлении угнетение дыхания и потеря сознания. Длительное воздействие вызывает раздражение кожи, анемию и угнетение функции костного мозга, энцефалопатию и нарушение репродуктивной функции. Из-за относительно низкой летучести эфира, отравление чаще всего происходит в результате контакта кожи с жидкостями, или вдыхания скопившихся в закрытом помещении паров.

Смертельная доза диметилового эфира вызывает смерть с отеком легких, небольшими повреждениями печени и обширными повреждениями почек. Вероятная причина смерти при неоднократном попадании внутрь малых доз – отказ почек. Первым признаком повреждения почек служит кровь в моче. Смерть обычно наступает в течение нескольких дней. Подобно большинству других эфиров, ДМЭ оказывает слабое раздражающее действие на кожу, но может абсорбироваться в достаточных для отравления количествах.

Эфир является раздражителем средней степени для глаз, вызывая резкую боль, воспаление слизистой оболочки и помутнение роговицы, которое держится несколько часов. Хотя ДМЭ не оказывает раздражающего действия на кожу, он может абсорбироваться через кожные покровы в достаточных для отравления количествах. Наблюдения за действием эфира на человека выявили, что это соединение может вызвать появление недоразвитых лейкоцитов, моноцитарную анемию, неврологические и поведенческие отклонения. Исследования показали, что вдыхание паров ДМЭ может привести к забывчивости, слабости, летаргии и головным болям.

Наиболее сильное влияние эфир оказывает на репродуктивную систему человека, подавляя образование сперматозоидов. Таким образом, ДМЭ является средней силы ядом, и поэтому следует принимать меры по предотвращению его длительного контакта с кожей и вдыхания его паров.

Наиболее сильное действие он оказывает на кровь; неврологические признаки не наблюдаются. Воздействие больших концентраций может привести к умеренному раздражению органов дыхания, отеку легких, угнетению центральной нервной системы и выраженному гломерулиту.

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

ных зданий 25...30 кПа, для железобетонных конструкций стен цеха 100...150 кПа. Таким образом, оценив степень разрушения, необходимо позаботиться о безопасности эксплуатации промышленного объекта.

Рассчитаем предохранительную мембрану для адсорбера ДМЭ. Широко используются разрывные мембраны, изготавливаемые из тонколистового проката. Конструктивное оформление зажима мембраны может быть различным шип – паз, конический или линзовый зажим (рисунок 6.1).

При нагружении рабочим давлением мембрана испытывает большие пластические деформации и приобретает ярко выраженный купол, по форме очень близкий к сферическому сегменту. Чаще всего куполообразную форму мембране придают заранее при изготовлении, подвергая ее нагружению давлением, составляющим около 90 % разрывного. При этом фактически исчерпывается почти весь запас пластических деформаций материала, поэтому еще больше увеличивается быстродействие мембраны [14].

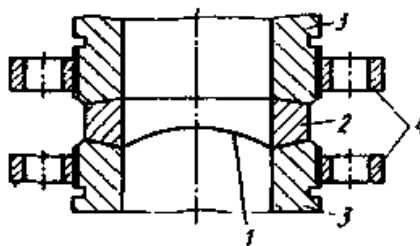


Рисунок 6.1 – Линзовый зажим разрывной мембраны:

1 – мембрана, 2 – коническая шайба, 3 – торцы сбросной магистрали, 4 – соединительные фланцы.

Разрывное давление  $P_c$ , МПа, такой оболочки (давление срабатывания мембраны):

$$P_c = 2 \cdot \Delta_0 \cdot \sigma_{вр} \cdot r, \quad (6.3)$$

где  $\Delta_0$  – толщина материала мембраны, м;

$\sigma_{вр}$  – временное сопротивление материала при растяжении (предел прочности), МПа/м<sup>2</sup>;

$r$  – радиус купола, м.

Минимальный на пределе разрыва мембраны) радиус купола,  $r$ , м:

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

ным действиям в чрезвычайной ситуации, а также материальных и финансовых резервов.

Подготовка персонала в действиях чрезвычайной ситуации в мирное время производят через систему гражданской обороны.

Основные задачи гражданской обороны:

1. Защита населения от оружия массового поражения и других средств нападения. Осуществляется проведением комплекса защитных мероприятий. "Г

2. Повышение устойчивости работы объектов и отраслей народного хозяйства в условиях военного времени. Достигается заранее проведёнными мероприятиями (организационные, инженерно-технические и др.).

3. Проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ в очагах поражения и зонах затопления.

Наиболее полное и организационное выполнение мероприятий ГО на предприятии достигается заблаговременной разработкой плана мероприятий. Он представляет собой заранее разработанный перечень мероприятий. В нём определяется объём, организация и порядок выполнения возложенных на неё задач. План разрабатывается текстурно с предложением в виде графиков и таблиц.

В случае объявления воздушной тревоги (сигнал по радио, сирены, прерывистые гудки) персонал должен действовать в соответствии с предусмотренным планом: выключить оборудование и покинуть производство в специально отведённые места для укрытия.

Финансирование мероприятий производится из местных резервов. Предлагаемые мероприятия, в дипломном проекте, позволяют считать его безопасным и экологичным.

классификация затрат по калькуляционным статьям. Для исчисления себестоимости отдельных видов продукции затраты группируются по статьям калькуляции.

Для планирования, учета и калькулирования себестоимости продукции использован налоговый кодекс Российской Федерации в соответствии с которым, расходы, в зависимости от их характера, условий осуществления и направлений деятельности организаций, подразделяются на расходы внереализационные, а также связанные с производством и реализацией. Если некоторые затраты с равными основаниями могут быть отнесены одновременно к нескольким группам расходов, то организация вправе самостоятельно определить к какой именно группе он отнесет какие расходы.

### 7.3 Обоснование производственной мощности

Производственная мощность – это максимально возможный выпуск продукции за единицу времени при заданной номенклатуре и ассортименте при полном использовании производственного оборудования и площадей, с учетом применения передовой технологии, улучшения организации производства и труда, обеспечение высокого качества продукции.

Производственная мощность предприятия:

$$M = T_m \Pi = 147 \times 330 = 48510 \text{ т/год,}$$

где  $T_m = 330$  дн. – максимально возможный годовой фонд времени работы оборудования;

$\Pi = 147$  т/сут – производительность одной единицы оборудования, в натуральном выражении.

Фактический объем производства проектируемого по результатам технологического расчета составляет  $Q = 48000$  т/год, объем производства аналогичного оборудования  $Q = 46000$  т/год.

Уровень использования мощностей за определенный промежуток времени:

$$K_{\text{факт}} = \frac{Q}{M} = \frac{48000}{48510} = 98.9\%$$

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				

Таблица 7.2 – Расчет годового ФОТ руководителей и специалистов

Наименование	Оклад	Количество работников	Баланс рабочего времени	Средний оклад в месяц	ФОТ за месяц	Процент премии	Сумма премии	Фонд оплаты труда за месяц	Фонд оплаты труда за год
Руководители	4	22	12	24620	541640	20	108328	649968	7799616
Специалисты	5	6	12	18910	113460	20	22692	136152	1633824
Служащие	4	5	12	14721	73605	20	14721	88326	1059912
Итого		33			728705		145741	874446	10493352

Расчет себестоимости производства продукции до и после внедрения оборудования произведен в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Расчет себестоимости до и после внедрения

Наименование статей расхода	Данные аналога		Проектные данные		Отклонение		
	на единицу	на весь выпуск	на единицу	на весь выпуск	абс	%	
Переменные расходы							
1. Материальные расходы	249,6	1 148 1600	204,2	9801600	-1680000	-14,63	
2. Расходы энергоресурсов	340,1	15644600	260,1	12484800	-3159800	-20,20	
3. Расходы на оплату труда	279,4	12853661	270,5	12983496	129835	1,01	
<b>Итого переменные расходы</b>	<b>869,1</b>	<b>39979861</b>	<b>734,8</b>	<b>35269896</b>	<b>-4709965</b>	<b>-11,78</b>	
Постоянные расходы							
4. Амортизационные расходы	140,6	6467600	132,6	6364800	-102800	-1,59	
5. Расходы на обязательное и добровольное страхование имущества	34,8	1600800	19,1	916800	-684000	-42,73	
6. Расходы на содержание и ремонт основных средств	32,4	1490400	21,4	1027200	-463200	-31,08	
7. Расходы на освоение природных ресурсов	8,2	377200	8,4	403200	26000	6,89	
8. Расходы на НИР и ОКР	16,1	740600	12,9	619200	-121400	-16,39	
9. Цеховые расходы	340,8	15676800	328,8	15782400	105600	0,67	
10. Общепроизводственные расходы	96,1	4420600	76,1	3652800	-767800	-17,37	
11. Прочие расходы	11,8	542800	11,1	532800	-10000	-1,84	
12. Внереализационные расходы	6,2	285200	5,1	244800	-40400	-14,17	
<b>Итого постоянные расходы</b>	<b>687,0</b>	<b>31602000</b>	<b>615,5</b>	<b>29544000</b>	<b>-2058000</b>	<b>-6,51</b>	
<b>13. Полная себестоимость</b>	<b>1556,1</b>	<b>71581861</b>	<b>1350,3</b>	<b>64813896</b>	<b>-6767965</b>	<b>-9,45</b>	

Из таблицы 7.3 видно, что себестоимость производства продукции снизилась на 6,97% в результате внедрения нового оборудования, что связано со значительным уменьшением стоимости материальных расходов, а также снижением расходов энергоресурсов, снижением расходов на содержание производственных фондов.

В современных условиях основным источником покрытия затрат, связанных с обновлением основных фондов являются собственные средства организаций. Они накапливаются в течение всего срока службы основных фондов в виде амортизационных отчислений.

Капитальные вложения по проектируемому цеху составляют 12956300 руб, у аналогичного производства 12491000 руб.

## 7.7 Сводные показатели эффективности проектного решения

В данном разделе рассчитываются комплексные показатели экономического обоснования проекта, такие как рентабельность производства продукции, общая рентабельность производственных фондов, норма балансовой прибыли, чистая норма прибыли. Именно они в конечном итоге характеризуют эффективность проектного решения.

Методика их расчета следующая рентабельность производства продукции:

$$РПП = \frac{\Pi}{C_n}, = 24609600 / 66590400 = 36,96 \%,$$

где  $\Pi$  – чистая или валовая прибыль;

$C_n$  – себестоимость продукции.

Общая рентабельность производственных фондов:

$$РПФ = \frac{\Pi}{ПФ_{ср}} = 24609600 / 195899256 = 12,56\%,$$

где  $ПФ_{ср}$  – среднегодовая стоимость производственных фондов (сумма среднегодовой стоимости основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств).

Общая эффективность капитальных вложений может быть определена по формуле

$$En = \frac{\Delta\Pi}{K}$$

где  $\Delta\Pi$  – прирост прибыли за счет вложения инвестиций;  $K$  – капитальные вложения. Величина обратная эффективности называется сроком окупаемости капитальных вложений и определяется по формуле:

$$Tn = \frac{K}{\Delta\Pi}$$

или

$$En = \frac{(C_1 - C_2) \cdot V_2}{K} = \frac{(1556,1 - 1387,3) \times 48000}{12956300} = 0.625$$

Точка безубыточности (ТБ) – это минимальный объем производства продукции, при котором обеспечивается нулевая прибыль, т. е. доход от продаж равен издержкам производства. Она определяется по формуле:

$$ТБ = \frac{ПИ}{Ц_y - ПИ_y} = \frac{29880000}{1900 - 764,8} = 26321 \text{ т}$$

где ПИ – постоянные издержки;

$Ц_y$  - удельная цена;

$ПИ_y$ - удельные переменные издержки.

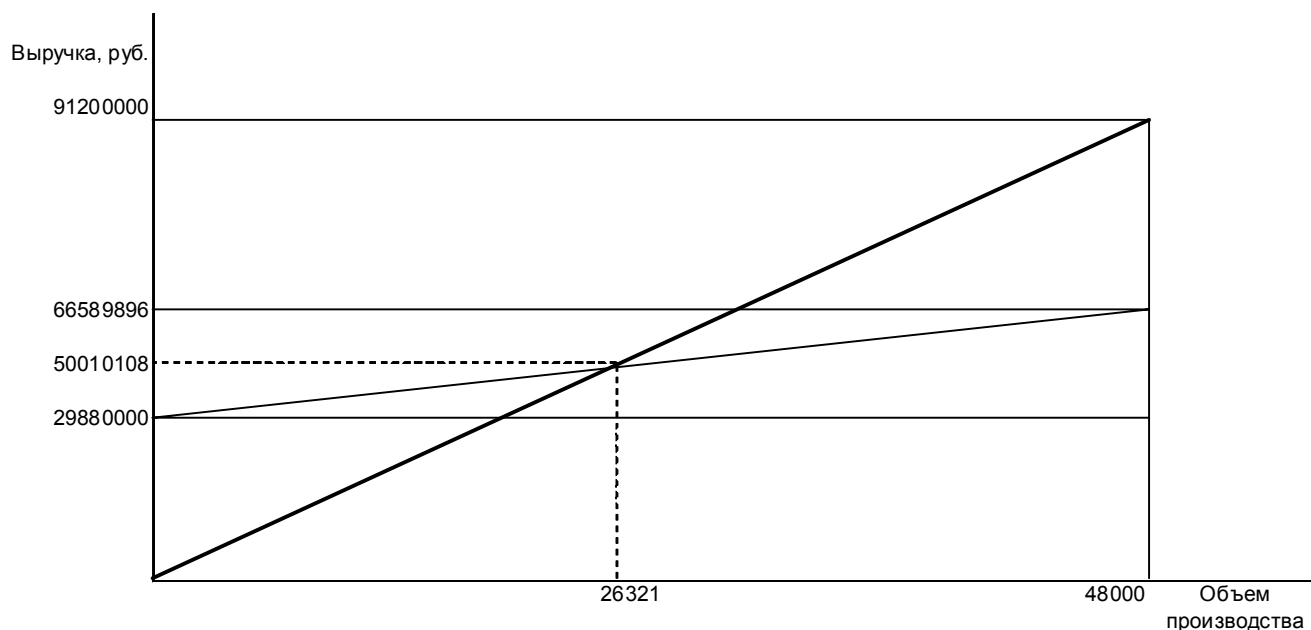


Рисунок 7.1 – График безубыточности

Из графика безубыточности, представленного на рисунке 7.1 видно, что безубыточный объем производства составляет 26321 т.

### 7.9 Заключение об экономической эффективности

При проектировании оборудования был реализован ряд технологических и конструкционных решений, которые обусловили снижение себестоимости производства продукции на 6,97%, за счет сокращения условно-постоянных расходов, увеличения мощности цеха. Общий прирост прибыли составил 8790200 рублей в год. Срок окупаемости капитальных вложений 1,60 года. При этом учтены убытки, понесенные производством период технического перевооружения. Годовой экономический эффект 8790200 руб. безубыточный объем производства составляет 26321 т.

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				



## 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. Когановский А.М. Адсорбция растворённых веществ, М.: «Ридас», 2004. – 224 с.
6. 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.
7. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры.– М.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
8. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи / под ред. М.Ф. Михалева.– Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.
9. Матвеев В.В., Крупин Н.Ф. Примеры расчета такелажной оснастки.– Л.: Стройиздат, 1987. – 320 с.
10. Киселев Г.Ф. и др. Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования предприятий по производству минеральных удобрений. Справочник. – М.: Химия, 1991. – 384 с.
11. Полоцкий Л.М., Лапшенков Г.И. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
12. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие./Под ред. Б.Д. Кошарского. – Л.: Машиностроение, 1976. – 488 с.
13. Сборник законодательных и других нормативных правовых актов по охране труда./Под ред. В.С. Шевцова. – Пятигорск: «Спецпечать», 2002.

					ДП МАХП МЗ-021 АОП 00.00.00 ПЗ	
		N				