

Аннотация

В дипломном проекте рассчитывается абсорбер нитрозных газов, являющейся составной установки производства слабой азотной кислоты ОАО «Невинномысский Азот».

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 –

6 Организационно-экономический раздел	93
6.1 Технико-экономическая характеристика.....	93
6.2 Обоснование производственной мощности	93
6.3 Организация труда и расчета заработной платы	94
6.4 Себестоимость продукции.....	96
6.5 Расчет эффективности использования основных средств	98
6.6 Прибыль	98
6.7 Расчет эффективности использования основных средств	99
6.8 Сводные показатели эффективности проектного решения	100
6.9 Точка безубыточности	101
6.10 Заключение об экономической эффективности.....	102
Заключение	103
Список использованных источников	104
Приложение А. Упрощенная схема автоматизации	106

1 Технологический раздел

1.1 Описание технологической схемы и проектируемого оборудования

1.1.1 Сырье для получения азотной кислоты

Сырьем для получения азотной кислоты служат аммиак, воздух и вода. Синтетический аммиак в большей или меньшей степени загрязнен примесями. Таковыми примесями являются катализаторная пыль, смазочное масло (при сжатии поршневым компрессором). Для получения чистого газообразного аммиака служат испарительные станции и дистилляционные отделения жидкого аммиака.

Атмосферный воздух, применяемый в производстве азотной кислоты, забирается на территории завода или вблизи его. Этот воздух загрязнен газообразными примесями и пылью. Поэтому он подвергается тщательной очистке во избежание отравления катализатора окисления аммиака. Очистка воздуха осуществляется, как правило, в скруббере, а затем в двухступенчатом фильтре.

Вода, применяемая для технологических нужд, подвергается специальной подготовке: отстою от механических примесей, фильтрованию и химической очистке от растворенных в ней солей. Для получения реактивной азотной кислоты требуется чистый паровой конденсат.

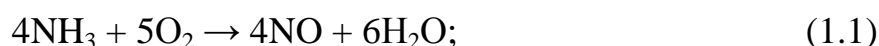
1.1.2 Методы получения азотной кислоты

Первый завод по производству HNO_3 из аммиака коксохимического производства был пущен в России в 1916 г. В 1928 г. было освоено производство азотной кислоты из синтетического аммиака [1].

Различают производство слабой (разбавленной) азотной кислоты и производство концентрированной азотной кислоты.

Процесс производства разбавленной азотной кислоты складывается из трех стадий:

1) конверсии аммиака с целью получения оксида азота



2) окисления оксида азота до диоксида азота

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		

Воздух забирают из атмосферы через трубу 25, очищают от пыли в фильтре 24, сжимают воздушным компрессором 23 до 0,42 МПа и, разделив на два потока, подают в контактный аппарат и подогреватель аммиака. Жидкий аммиак (парожидкостная смесь) через ресивер 1 поступает в испаритель 2, где испаряется при 10–16 °С и давлении 0,6 МПа.

После испарителя газообразный аммиак очищают от масла и механических примесей в фильтре 3 и направляют в подогреватель аммиака 4, где он нагревается до 80–120 °С воздухом.

Очищенный воздух и аммиак поступают в смесительную камеру 22 контактного аппарата 20. Образующаяся аммиачно-воздушная смесь содержит 9,6–10,0% NH₃. Пройдя тонкую очистку в фильтре, встроенном в контактный аппарат, аммиачно-воздушная смесь поступает на двухступенчатый катализатор, состоящий из трех платиноидных сеток и слоя неплатинового катализатора. Нитрозные газы при температуре 840–860 °С поступают в котел-утилизатор 19, расположенный под контактным аппаратом, где за счет их охлаждения получают пар давлением 4 МПа с температурой 440 °С. Котел питают химически очищенной водой, деаэрированной в колонне 17. Деаэрированная вода проходит теплообменник 16, где нагревается нитрозными газами до 150 °С, экономайзер 18 и затем поступает в барабан котла-утилизатора 21.

Нитрозные газы после котла-утилизатора охлаждаются в экономайзере 18, отдают свою теплоту в подогревателе 15 и затем поступают в водяной холодильник 14 для дальнейшего охлаждения до 55 °С. При охлаждении нитрозных газов происходит конденсация паров воды с образованием 40–45%-ной азотной кислоты, которая подается в газовый промыватель 13. Сюда же поступают нитрозные газы.

В промывателе происходит одновременно с охлаждением промывка нитрозных газов от нитрит-нитратных солей и дальнейшая конденсация азотной кислоты. Кислота из нижней части промывателя подается в абсорбционную колонну 10, а нитрозные газы сжимаются в компрессоре 12 до 1,1–1,26 МПа, нагреваясь при этом до 210–230 °С. После сжатия нитрозные газы охлаждают в холодильнике 16 до 155–165 °С. в холодильнике 11 второй ступени до 60–65 °С и подают в абсорб-

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		

11%. Перевести диоксид азота такой концентрации в жидкое состояние при атмосферном давлении не представляется возможным, поэтому для сжижения оксидов азота применяют повышенное давление.

Концентрирование азотной кислоты с помощью водоотнимающих веществ.
Получить концентрированную азотную кислоту перегонкой разбавленной кислоты невозможно. При кипении и перегонке разбавленной азотной кислоты ее можно упарить лишь до содержания 68,4 % HNO_3 (азеотропная смесь), после чего состав перегоняемой смеси не изменится [1].

В промышленности перегонку разбавленных водных растворов азотной кислоты осуществляют в присутствии водоотнимающих веществ (концентрированная серная кислота, фосфорная кислота, концентрированные растворы нитратов и др.). Применение водоотнимающих веществ дает возможность понизить содержание водяных паров над кипящей смесью и увеличить содержание паров азотной кислоты, при конденсации которых получается 98%-ная HNO_3 .

Технологическая схема концентрирования азотной кислоты с применением серной кислоты показана на рисунке 1.2. Разбавленная азотная кислота из напорного бака 1 подается в колонну 6 через два расходомера 2, включенные параллельно. Один поток кислоты проходит в испаритель 3 и подается в виде смеси жидкости и пара на 10-ю тарелку колонны 6, другой поток без подогрева поступает на вышележащую тарелку.

Серная кислота из напорного бака 4 через регулятор 5 подается в верхнюю часть колонны 6 выше ввода холодного потока азотной кислоты. В нижнюю часть колонны вводится острый пар, при нагревании которым из тройной смеси начинает испаряться азотная кислота.

Пары азотной кислоты при температуре 70–85 °С, поднимаясь вверх, выходят через штуцер в крышке колонны и поступают в холодильник-конденсатор 7. В этих парах имеются примеси оксидов азота и воды.

В холодильнике-конденсаторе пары азотной кислоты при температуре около 30 °С конденсируются с образованием 98–99%-ной HNO_3 , при этом оксиды азота частично поглощаются этой кислотой.

ной серной кислоты расход последней значительно сокращается при подаче на концентрирование 59–60%-ной HNO_3 вместо 48–50%-ной. Поэтому в некоторых случаях выгодно проводить предварительное концентрирование 50%-ной HNO_3 до 60%-ной путем простого упаривания.

Большим недостатком концентрирования азотной кислоты с помощью серной кислоты является высокое содержание паров и тумана H_2SO_4 в выхлопных газах после электрофильтров (0,3–0,8 г/м³ газа). Поэтому серную кислоту заменяют, например, нитратом магния или цинка.

Концентрирование азотной кислоты с помощью нитрата магния. Этот способ концентрирования обеспечивает получение чистой концентрированной азотной кислоты без вредных выбросов в атмосферу. Однако у него есть ряд существенных недостатков, не позволяющих использовать такой способ повсеместно. В первую очередь это связано с повышенной по сравнению с другими способами себестоимостью получаемого продукта и проблемы утилизации трудно перерабатываемых твердых отходов [1].

На основании анализа принимаем к проектированию схему производства слабой азотной кислоты мощностью 120 тыс. тонн в год.

1.1.3 Сущность процесса абсорбции

Абсорбция – процесс выделения одного или нескольких компонентов из газовой или парогазовой смеси путем их поглощения селективным жидким поглотителем – абсорбентом [2].

Разновидностью процесса абсорбции является хемосорбция. При хемосорбции происходит химическая реакция между поглотителем и адсорбируемым газом. Часто при этом происходит значительное выделение тепла, поэтому аппараты, в которых идет хемосорбция, снабжаются специальными устройствами для отвода тепла. В проектируемом аппарате идет реакция оксидов азота с водой с образованием азотной кислоты.

В промышленных установках абсорбция сочетается с десорбцией – выделением поглощенного вещества. Этим обеспечивается возможность получения целевого продукта и многократного использования абсорбента.

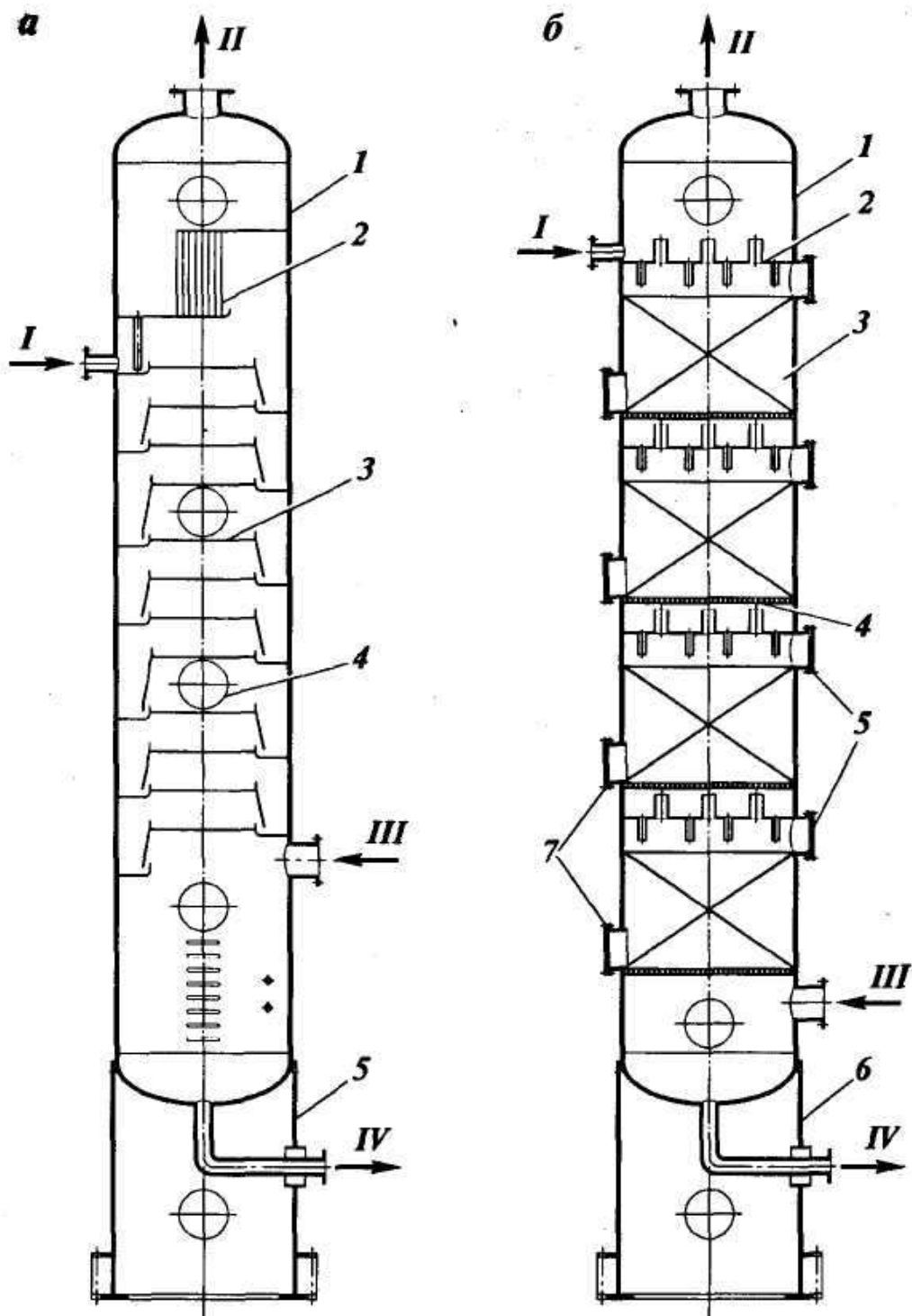


Рисунок 1.3 – Абсорберы

а – тарельчатый: 1 – корпус; 2 – каплеотбойник; 3 – тарелка; 4 – люк; 5 – опорная обечайка;

б – насадочный: 1 – корпус; 2 – распределительная тарелка; 3 – насадка; 4 – опорная решетка; 5 – загрузочные люки; 6 – опора; 7 – люки выгрузки насадки.

Потоки: I – ненасыщенный абсорбент; II – сухой газ; III – сырой газ; IV – насыщенный абсорбент

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

В большинстве случаев для оценки конструкции решающее значение имеют первые четыре показателя.

На основании представленного обзора конструкций разрабатываемого технологического оборудования можно определить наиболее предпочтительную конструкцию абсорбционной колонны: это колонна с ситчатыми или колпачковыми тарелками.

Выбор ситчатых тарелок обусловлен простотой конструкции и удобством монтажа. Колпачковые тарелки допускают большее колебание нагрузки по газу и обеспечивают лучшую степень контакта фаз, чем ситчатые, но сложнее в обслуживании.

Конструкция колпачковой тарелки приведена на рисунке 1.4.

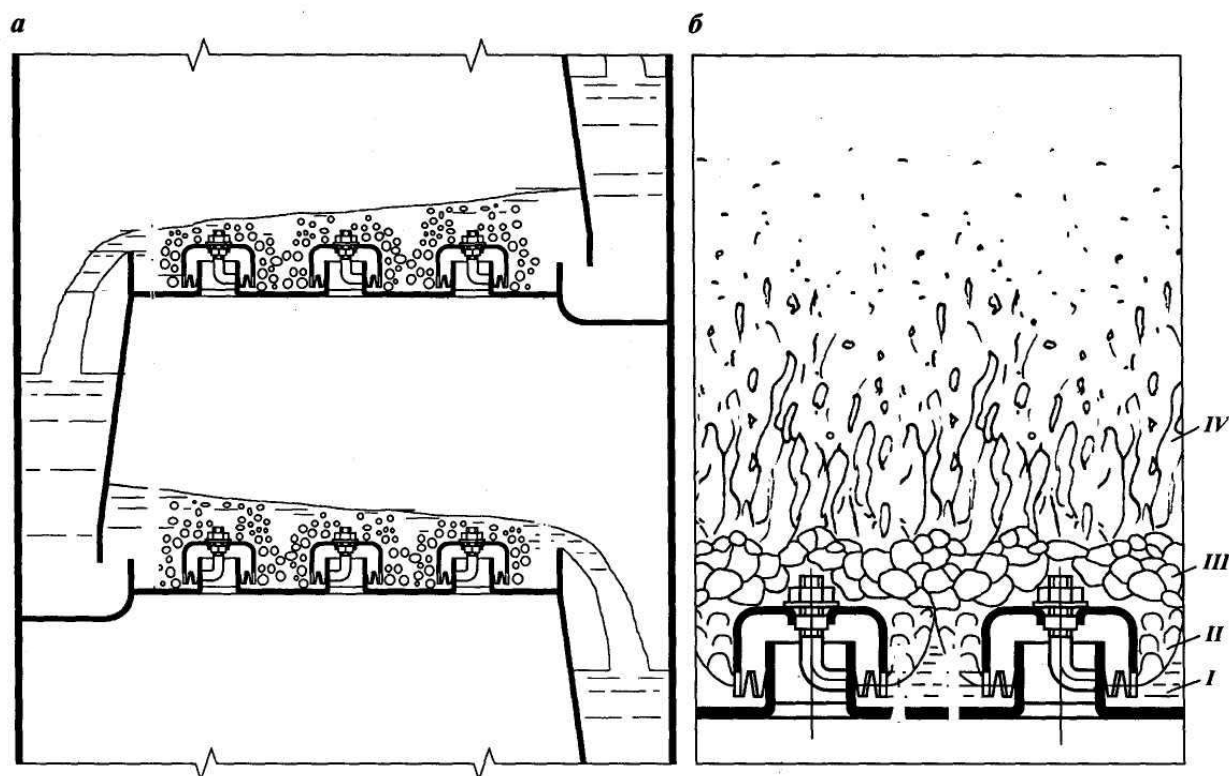


Рисунок 1.4 – Конструкция колпачковой тарелки

а – общий вид тарелки; б – схема барботажга газа в зоне контакта.

I – зона небарботируемой жидкости; II – зона недеформируемых струй; III – зона деформируемых струй — пены; IV – зона парового пространства с взвешенными каплями жидкости.

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Технологическая схема производства HNO_3 представлена на рисунке 1.5.

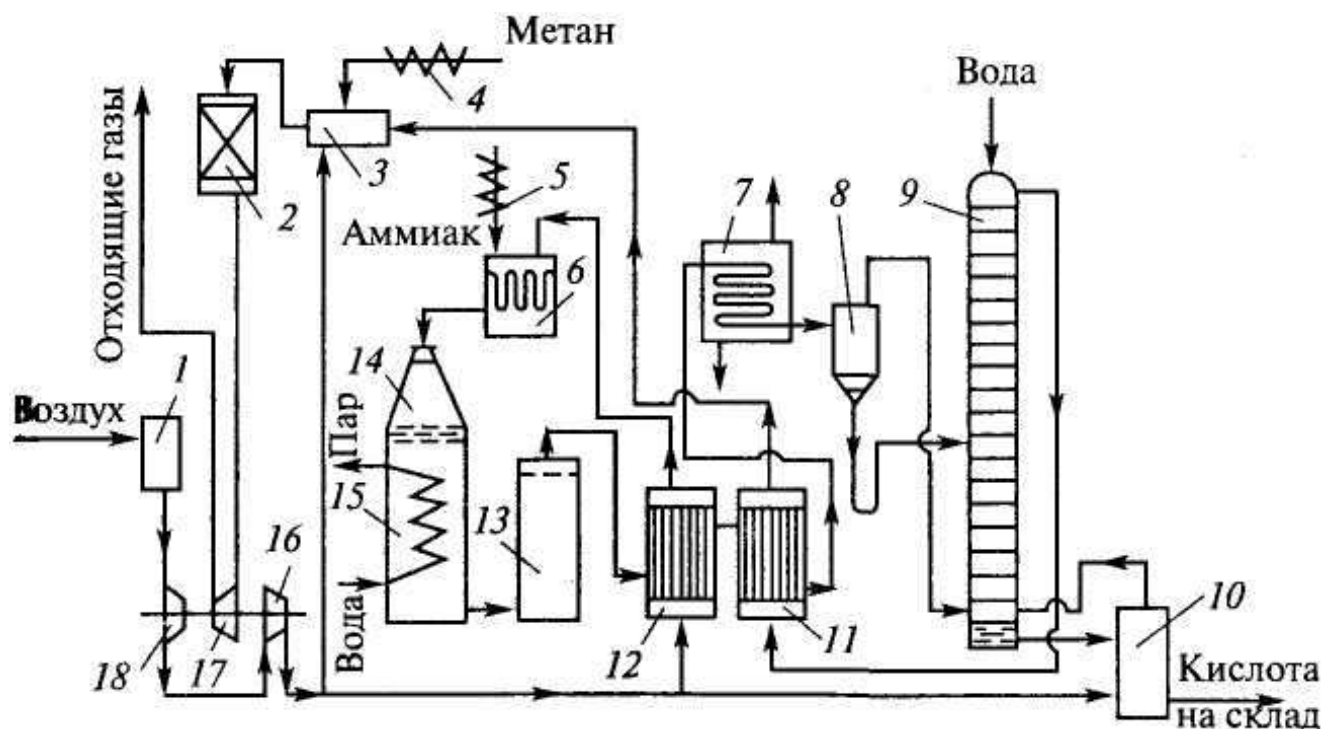


Рисунок 1.5 – Схема производства азотной кислоты под давлением 0,716 МПа

1 – фильтр воздуха; 2 – реактор каталитической очистки; 3 – топочное устройство; 4 – подогреватель метана; 5 – подогреватель аммиака; 6 – смеситель аммиака и воздуха; 7 – холодильник-конденсатор; 8 – сепаратор; 9 – абсорбционная колонна; 10 – продувочная колонна; 11 – подогреватель отходящих газов; 12 – подогреватель воздуха; 13 – сосуд для окисления нитрозных газов; 14 – контактный аппарат; 15 – котел-утилизатор; 16, 18 – двухступенчатый турбокомпрессор; 17 – газовая турбина

Атмосферный воздух проходит тщательную очистку в двухступенчатом фильтре 1 (первая ступень фильтра выполнена из лавсановой ткани, вторая – из ткани Петрянова). Очищенный воздух сжимают двухступенчатым воздушным компрессором. В первой ступени 18 воздух сжимают до 0,35 МПа, при этом он нагревается до 165–175 °С за счет адиабатического сжатия. После охлаждения воздух направляют на вторую ступень сжатия 16, где его давление возрастает до 0,716 МПа.

абсорбционной колонны. Сверху в колонну подают охлажденный паровой конденсат.

Образующаяся в верхней части колонны азотная кислота низкой концентрации перетекает на нижележащие тарелки. За счет поглощения оксидов азота концентрация кислоты постепенно увеличивается и на выходе достигает 55–58%, причем содержание растворенных в ней оксидов азота достигает ~1%. Поэтому кислота направляется в продувочную колонну 10, где подогретым воздухом из нее отдувают оксиды азота, и отбеленная азотная кислота поступает на склад. Воздух после продувочной колонны подается в нижнюю часть абсорбционной колонны 9.

Степень абсорбции оксидов азота достигает 99%. Выходящие из колонны хвостовые газы с содержанием оксидов азота до 0,11% при температуре 35 °С проходят подогреватель 11, где нагреваются до 110–145 °С и поступают в топочное устройство (камера сжигания) 3 установки каталитической очистки. Здесь газы нагреваются до температуры 390–450 °С за счет горения природного газа, подогретого предварительно в подогревателе 4, и направляются в реактор с двухслойным катализатором 2, где первым слоем служит оксид алюминия, с нанесенным на него палладием, вторым слоем – оксид алюминия. Очистку осуществляют при 760 °С.

Очищенные газы поступают в газовую турбину 17 при температуре 690–700 °С. Энергия, вырабатываемая турбиной за счет теплоты хвостовых газов, используется для привода турбокомпрессора 18. Затем газы направляют в котел-утилизатор и экономайзер (на схеме не показаны) и выбрасывают в атмосферу. Содержание оксидов азота в очищенных выхлопных газах составляет 0,005–0,008%, содержание CO₂ – 0,23%.

1.2.2 Описание конструкции проектируемого оборудования

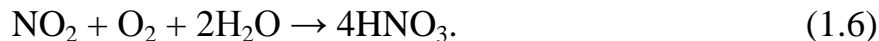
Для осуществления процесса абсорбции выбран тарельчатый абсорбер с ситчатыми тарелками по аналогии с существующим оборудованием.

Конструкция выбранного аппарата показана на рисунке 1.6.

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		

Отличительной особенностью данного аппарата является то, что на нескольких нижних тарелках установлены змеевики для отвода тепла.

Снизу колонны подаются нитрозные газы, а сверху вводится поглотитель. Газ движется снизу вверх, противотоком жидкости. При этом идет химическая реакция оксида азота с водой с образованием разбавленной азотной кислоты:



Применение ситчатых тарелок для колонны объясняется простотой их конструкции и возможностью легкой замены полотна тарелки при ремонте оборудования. В нижней части колонны установлены две колпачковые тарелки, т.к. они обеспечивают большую степень контакта фаз по сравнению с ситчатыми [2]

1.2.3 Исходные данные к расчету

Согласно заданию на проектирование, исходными данными для расчета абсорбера являются следующие величины, сведенные в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Исходные данные к расчету колонны

Наименование показателя	Обозначение	Величина
Расход газовой смеси при рабочих условиях	V_r	11 м ³ /с
Температура газовой смеси	t_r	50 °С
Давление газовой смеси	P_r	0,63 МПа
Состав газовой смеси (об.)		
NO ₂	Y_1	7,66 %
NO	Y_2	0,64 %
O ₂	Y_3	6,35 %
N ₂	Y_4	82,2 %
H ₂ O	Y_5	3,15 %
Степень окисления оксидов азота в кислоту	α	0,92
Концентрация продукционной азотной кислоты	ψ	58%
Рабочая температура	t_p	30 °С

1.2.4 Расчет плотности сырья

Выполним перерасчет объемного расхода в мольный

$$G_{\Gamma} := \frac{V_{\Gamma} P_{\Gamma} T_{\text{н.у.}}}{V_0 P_{\text{н.у.}} T_{\Gamma}}, \quad (1.8)$$

где $V_0 = 22.4$ л/моль – молярный объем идеального газа при н.у.;

$T_{\text{н.у.}} = 273$ К – температура н.у.;

$P_{\text{н.у.}} = 0,1013$ МПа – давление н.у.;

$T_{\Gamma} = t_{\Gamma} + 273 = 30 + 273 = 303$ К – температура газовой смеси.

$$G_{\Gamma} = \frac{2,2}{22.4} \frac{0.63 \times 273}{0.1013 \times 303} = 516 \text{ моль/с} = 1858 \text{ кмоль/ч.}$$

Расход каждого компонента

$$VG_{\text{H}} := G_{\Gamma} \cdot Y_{V\text{H}} = 1858 \times \begin{pmatrix} 0.0766 \\ 0.0064 \\ 0.0635 \\ 0.8220 \\ 0.0315 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 142 \\ 12 \\ 118 \\ 1527 \\ 59 \end{pmatrix} \text{ кмоль/ч.} \quad (1.9)$$

Массовый расход

$$G_{\text{M}} = VG_{\text{H}} M, \quad (1.10)$$

где M – мольная масса вещества.

$$M(\text{NO}_2) = 14 + 16 \times 2 = 46 \text{ кг/кмоль};$$

$$M(\text{NO}) = 14 + 16 = 30 \text{ кг/кмоль};$$

$$M(\text{O}_2) = 16 \times 2 = 32 \text{ кг/кмоль};$$

$$M(\text{N}_2) = 14 \times 2 = 28 \text{ кг/кмоль};$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 1 \times 2 + 16 = 18 \text{ кг/кмоль.}$$

Тогда

$$G_{\text{M}}(\text{NO}_2) = 142 \times 46 = 6547 \text{ кг/ч};$$

$$G_{\text{M}}(\text{NO}) = 12 \times 30 = 357 \text{ кг/ч};$$

$$G_{\text{M}}(\text{O}_2) = 118 \times 32 = 3776 \text{ кг/ч};$$

$$G_{\text{M}}(\text{N}_2) = 1527 \times 28 = 42765 \text{ кг/ч};$$

$$G_{\text{M}}(\text{H}_2\text{O}) = 59 \times 18 = 1054 \text{ кг/ч.}$$

Общий массовый расход смеси

$$G_{\text{M}} = G_{\text{M}}(\text{NO}_2) + G_{\text{M}}(\text{NO}) + G_{\text{M}}(\text{O}_2) + G_{\text{M}}(\text{N}_2) + G_{\text{M}}(\text{H}_2\text{O}) = \quad (1.11)$$

Материальный баланс выполняется.

Расход воды на реакцию

$$G_{\text{вр}} = G(\text{H}_2\text{O}) = 1179 \text{ кг/ч.} \quad (1.27)$$

Расход 100% азотной кислоты

$$G_{\text{к}} = G(\text{HNO}_3) = 8250 \text{ кг/ч.} \quad (1.28)$$

Расход воды на разбавление

$$G_{\text{вз}} := G_{\text{к}} \cdot \left(\frac{1}{\psi} - 1 \right) = 8250 \times \left(\frac{1}{0.58} - 1 \right) = 5974 \text{ кг/ч.} \quad (1.29)$$

Мольный расход воды на разбавление

$$G_{\text{Мвз}} = G_{\text{вз}} / M(\text{H}_2\text{O}) = 5974 / 18 = 332 \text{ кмоль/ч.} \quad (1.30)$$

Полный расход воды

$$G_{\text{в}} := G_{\text{вз}} + G_{\text{вр}} = 1179 + 5974 = 7153 \text{ кг/ч.} \quad (1.31)$$

Мольный расход

$$G_{\text{Мв}} = G_{\text{в}} / M(\text{H}_2\text{O}) = 7153 / 18 = 397 \text{ кмоль/ч.} \quad (1.32)$$

Мольный расход оксида азота (IV) в газе, покидающем адсорбер

$$n_{\text{NO}_{2\text{вых}}} = n_{\text{NO}_{2\text{вх}}} - n_{\text{NO}_{2\text{р}}} = 142 - 131 = 11 \text{ кмоль/ч.} \quad (1.33)$$

Мольный расход кислорода в газе, покидающем адсорбер

$$n_{\text{O}_{2\text{вых}}} = n_{\text{O}_{2\text{вх}}} - n_{\text{O}_{2\text{р}}} = 118 - 33 = 85 \text{ кмоль/ч.} \quad (1.34)$$

Расход газа, выходящего из абсорбера

$$G_{\text{вых}} = n_{\text{NO}_{2\text{вых}}} + n_{\text{NO}_{\text{вх}}} + n_{\text{O}_{2\text{вых}}} + n_{\text{N}_{2\text{вх}}} + n_{\text{H}_2\text{O}_{\text{вх}}} = \\ 11 + 12 + 85 + 1527 + 59 = 1694 \text{ кмоль/ч.} \quad (1.35)$$

1.2.6 Материальный баланс колонны

Расход вещества, подаваемого в колонну

$$\text{сырье: } G_{\text{г}} = 1858 \text{ кмоль/ч;} \quad (1.36)$$

$$\text{вода: } G_{\text{Мв}} = 397 \text{ кмоль/ч.} \quad (1.37)$$

Расход сырья, покидающего колонну

$$\text{кислота + вода: } G_{\text{ост}} = G_{\text{Мвз}} + G_{\text{к}} = 397 + 131 = 528 \text{ кмоль/ч;} \quad (1.38)$$

$$\text{газ: } G_{\text{вых}} = 1694 \text{ кмоль/ч.} \quad (1.39)$$

Баланс по веществу

$$G_{\text{г}} + G_{\text{Мв}} = G_{\text{ост}} + G_{\text{вых}}; \quad (1.40)$$

$$n_3 = \frac{4V_{ам}}{\omega \pi d^2} = \frac{4 \times 1,92 \cdot 10^{-2}}{6.0 \times 3.14 \times 0.025^2} = 6.5. \quad (1.46)$$

Принимаем количество тарелок со змеевиками

$$n_{тз} = 7.$$

1.2.8 Определение скорости газа и диаметра абсорбера

В аппарате установлены два типа тарелок – ситчатые и колпачковые. Выполним расчет допустимой скорости газа для колпачковой тарелки.

Для колпачковых тарелок предельно допустимую скорость рекомендуется рассчитывать по уравнению [3]

$$w_{lim} = \frac{0,0155}{d_k^{2/3}} \sqrt{\frac{\rho_{ж}}{\rho_{г}} h_k}, \quad (1.47)$$

где d_k – диаметр колпачка, принимаем $d_k = 80$ мм [4, табл. 24.1];

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости на тарелке, кг/м³;

$\rho_{г}$ – плотность газовой фазы на тарелке, кг/м³;

h_k – расстояние от верхнего края колпачка до вышележащей тарелки, м.

Плотность поглотителя (воды) примем в соответствии со справочными данными [3, табл. XXXIX]

$$\rho_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

Расстояние от верхнего края колпачка до вышележащей тарелки ориентировочно

$$h_k = h_t - d_k, \quad (1.48)$$

где h_t – расстояние между тарелками колонны, принимаем в соответствии со справочными данными $h_t = 800$ мм [4, табл. 24.1].

Тогда

$$h_k = 800 - 80 = 720 \text{ мм.}$$

Соответственно, предельно допустимая скорость газа

$$w_{lim} = \frac{0,0155}{0,080^{2/3}} \sqrt{\frac{1000}{6,88} \times 0,72} = 0,854 \text{ м/с.}$$

Выбор рабочей скорости газа обусловлен многими факторами. В общем случае ее находят путем технико-экономического расчета для каждого конкретного

1.2.9 Определение числа тарелок и высоты аппарата

Расчет числа тарелок для хемосорбции представляет собой трудную задачу. Поэтому принимаем число тарелок в аппарате по аналогии с промышленным объектом $N_{Тс} = 18$ шт. ситчатых тарелок и две колпачковых $N_{Тк} = 2$ шт. Общее число тарелок

$$N_T = N_{Тс} + N_{Тк} = 18 + 2 = 20. \quad (1.53)$$

Определим высоту абсорбера. Схема к расчету приведена на рисунке 1.8.

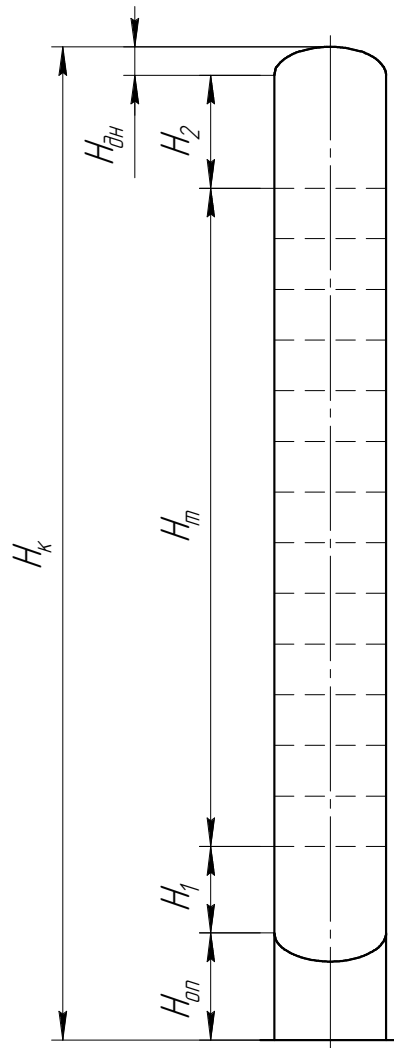


Рисунок 1.8 – Схема к расчету высоты абсорбера

Высота, занимаемая тарелками

$$H_T = (N_T - 1) h_T = (20 - 1) \times 0,800 = 15,2 \text{ м.} \quad (1.54)$$

Принимаем высоту от верхней тарелки до верхнего днища

$$H_2 = 1,8 \text{ м.}$$

Принимаем высоту от нижнего днища до нижней тарелки

$$H_1 = 1,8 \text{ м.}$$

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4 \times 72,8 \times 10^{-3}}{0,013} = 22 \text{ Па.}$$

Гидравлическое сопротивление газожидкостного слоя на тарелке, определяемое по формуле

$$\Delta P_{\text{ГЖ}} := 1,3 \cdot g \cdot k \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot \left(h_{\text{пр}} + \frac{e}{2} + \Delta h \right), \quad (1.62)$$

где k – отношение плотности пены к плотности чистой жидкости, при расчетах принимают $k = 0,5$ [4];

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости на тарелке, кг/м^3 ;

$e = h_{\text{к}} - h_{\text{пр}} = 55 - 20 = 35$ мм – расстояние от верхнего края прорезей до сливного порога;

$\Delta h = h_{\text{п}} - h_{\text{пер}}$ – высота перепада уровня жидкости, м;

$h_{\text{п}}$ – высота газожидкостного слоя

$$h_{\text{п}} := \frac{h_0}{1 - \varepsilon}, \quad (1.63)$$

где h_0 – высота уровня спокойной (невспененной жидкости), м;

ε – газосодержание слоя

$$\varepsilon := \frac{\sqrt{\text{Fr}}}{1 + \sqrt{\text{Fr}}}, \quad (1.64)$$

где Fr – критерий Фруда

$$\text{Fr} := \frac{w^2}{g \cdot h_0}. \quad (1.65)$$

Высота уровня спокойной жидкости определяется по эмпирической формуле, приведенной в [4]

$$h_0 = 0,0419 + 0,19 h_{\text{пер}} - 0,0135 \sqrt{\rho_{\text{г}}} + 2,46q, \quad (1.66)$$

где $q = 1,70 \text{ м}^3/(\text{м} \times \text{ч})$ – расход поглотителя на единицу длины периметра слива.

Высота уровня спокойной жидкости

$$\begin{aligned} h_0 &= 0,0419 + 0,19 \times 0,055 - 0,0135 \sqrt{6,88} + 2,46 \times 1,70 = \\ &= 0,0417 \text{ м} = 42 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.67)$$

Критерий Фруда

$$D_{\text{шр}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi w_p}}, \quad (1.71)$$

где V – объемный расход среды, $\text{м}^3/\text{с}$;

w_p – рекомендуемая скорость среды в штуцере, $\text{м}/\text{с}$.

Объемный расход находится через мольный и плотность:

$$V = \frac{GM}{3600\rho}, \quad (1.72)$$

где G – мольный расход смеси, $\text{кмоль}/\text{ч}$;

M и ρ – соответственно мольная масса и плотность всего потока, определяемые по алгоритму, приведенному выше.

После определения $D_{\text{шр}}$ осуществляется подбор стандартного диаметра $D_{\text{ш}}$ и определение действительной скорости потока среды в штуцере:

$$w = \frac{4V}{\pi D_{\text{ш}}^2}, \quad (1.73)$$

При выходе действительной скорости за границы допустимой осуществляют выбор другого диаметра и повторный расчет действительной скорости потока.

Таблица 1.3 – Характеристика основных штуцеров колонны

Расчетный параметр	Ввод газа	Вывод газа	Ввод поглотителя	Вывод кислоты
Расход потока, $\text{кмоль}/\text{ч}$	1858	1694	397	528
Объемный расход, $\text{м}^3/\text{с}$	1,156	1,055	0,00199	0,00484
Рекомендуемая скорость, $\text{м}/\text{с}$	15,00	10,00	1,0	0,50
Рассчитанный диаметр, м	0,313	0,366	0,051	0,111
Принятый диаметр, м	0,300	0,350	0,100	0,150
Действительная скорость, $\text{м}/\text{с}$	16,4	11,0	0,25	0,27

1.2.12 Расчет вспомогательного оборудования

Расчет насоса для подачи поглотителя вверх колонны. Схема к расчету приведена на рисунке 1.9.

где μ – вязкость поглотителя, для воды при 25 °С [3].

$$\mu = 0,8937 \times 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Тогда

$$\text{Re} = \frac{2,30 \times 997 \times 0,025}{0,8937 \times 10^{-3}} = 64146.$$

Режим течения турбулентный. Принимаем стальные новые трубы, для которых абсолютная шероховатость внутренней стенки [4]

$$\Delta = 0,08 \text{ мм} = 8 \times 10^{-5} \text{ мм}.$$

Тогда относительная шероховатость трубы

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{0,08}{25} = 0,0032. \quad (1.78)$$

В рассматриваемом случае имеем зону смешанного трения, поскольку

$$100/e < \text{Re} < 560 / e; \quad (1.79)$$

$$100 / 0,0032 < 64146 < 560 / 0,0032;$$

$$31250 < 64146 < 175000.$$

Для этой зоны значение коэффициента трения [3]

$$\lambda = 0.11 (e + 68 / \text{Re})^{0.25} = 0,11 \times (0,0032 + 68 / 64146)^{0.25} = 0,0281. \quad (1.80)$$

Определим сумму коэффициентов местных сопротивлений [3]

1. выход из штуцера в аппарат: $\xi = 1$;
2. колено с углом 90° при $d = 25$ мм (два поворота): $\xi = 2 \times 2 = 4$;
3. вентиль прямооточный при полном открытии для $d = 25$ мм: $\xi = 1,04$.

Сумма коэффициентов

$$\Sigma \xi_i = 1 + 4 + 1,04 = 6,04.$$

Расчетная высота аппарата составляет 23 м. Принимаем длину подающего трубопровода 25 м. Тогда напора от перемещения жидкости в нагнетательной линии $h_{\text{тр+мс}}$

$$h_{\text{тр+мс}} = \left(\lambda \frac{1}{d_s} + \Sigma \xi_{\text{м.с.}} \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left(0,0281 \times \frac{25}{0,025} + 6,04 \right) \frac{2,30^2}{2 \times 9,81} = 7,69 \text{ м}. \quad (1.81)$$

Необходимый напор насоса

$$H = \frac{p_2 - p_1}{g \rho} + h_{\text{тр+мс}} + h_r, \quad (1.82)$$

Согласно принятой технологической схемы, в трубном пространстве теплообменника охлаждаются нитрозные газы от $t_{нг1} = 210 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_{нг2} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ за счет нагревания хвостовых газов от $t_{хг1} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определим удельные теплоемкости потоков. Расчеты сведены в таблицы 1.4 и 1.5.

Таблица 1.4 – Расчет свойств нитрозных газов

Ком-понент	Мольная масса, кг/кмоль	Мольный расход, кмоль/ч	Массовый расход, кг/ч	Массовый состав	Удельная теплоемкость, Дж/(кг К)	Теплоемкость, Дж/(кг К)
NO ₂	46	142,0	6532,0	11,99%	804	96,39
NO	30	12,0	360,0	0,66%	880	5,81
O ₂	32	118,0	3776,0	6,93%	913	63,27
N ₂	28	1527,0	42756,0	78,47%	1050	823,95
H ₂ O	18	59,0	1062,0	1,95%	4240	82,64
Всего		1858,0	54486,0	100,00%		1072,07

Таблица 1.5 – Расчет свойств хвостовых газов

Ком-понент	Мольная масса, кг/кмоль	Мольный расход, кмоль/ч	Массовый расход, кг/ч	Массовый состав	Удельная теплоемкость, Дж/(кг К)	Теплоемкость, Дж/(кг К)
NO ₂	46	11,0	506,0	1,07%	804	8,58
NO	30	12,0	360,0	0,76%	880	6,68
O ₂	32	85,2	2726,4	5,75%	913	52,50
N ₂	28	1527,0	42756,0	90,18%	1050	946,92
H ₂ O	18	59,0	1062,0	2,24%	4240	94,98
Всего		1694,2	47410,4	100,00%		1109,66

Согласно полученным данным, тепловая нагрузка теплообменника

$$Q = G_{нг} c_{нг} (t_{нг1} - t_{нг2}) = 54486,0 \cdot 1072,07 \cdot (210 - 150) = \quad (1.85) \\ = 3504761 \text{ кДж/ч} = 973 \text{ кВт.}$$

Тогда температура хвостовых газов, покидающих теплообменник

$$t_{хг2} = t_{хг1} + \frac{Q}{G_{хг} c_{хг}} = 60 + \frac{3504761}{47410,4 \cdot 1109,66} = 127 \text{ }^\circ\text{C}$$

2 Расчетно-конструкторский раздел

2.1 Описание конструкции аппарата

Конструкция аппарата показана на рисунке 2.1.

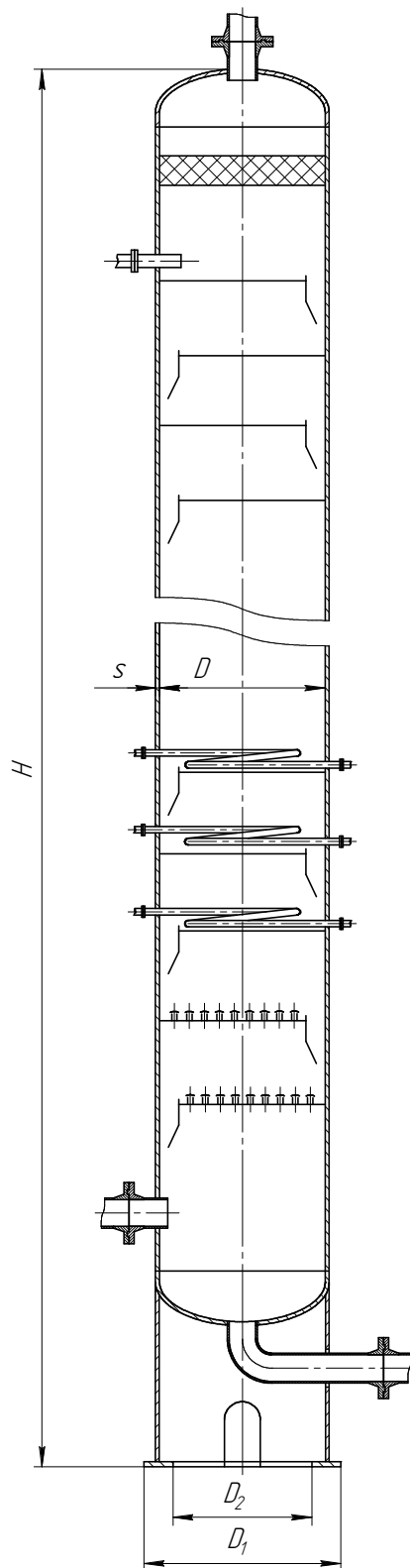


Рисунок 2.1 – Конструкция аппарата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

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 не более 0,63 МПа $n_T = 1,65$ [6, табл. 14.6].

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

$$\sigma^* = \min \left\{ \frac{532}{2,6}; \frac{292}{1,65} \right\} = \min \{205; 177\} = 177 \text{ МПа}; \quad (2.2)$$

$$\sigma_{20}^* = \min \left\{ \frac{540}{2,6}; \frac{300}{1,65} \right\} = \min \{208; 182\} = 182 \text{ МПа}. \quad (2.3)$$

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

$$[\sigma] = \eta \sigma^*; \quad (2.4)$$

$$[\sigma]_{20} = \eta \sigma_{20}^*, \quad (2.5)$$

где η – поправочный коэффициент, учитывающий вид заготовки, для листового проката $\eta = 1,0$ [7, с. 10]. Подставляя числовые значения, получим

$$[\sigma] = 1,0 \cdot 177 = 177 \text{ МПа}; \quad [\sigma]_{20} = 1,0 \cdot 182 = 182 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях

$$[\sigma]_{и} = \sigma_{T20} / 1,1 = 300 / 1,1 = 273 \text{ МПа}. \quad (2.6)$$

Значение модуля упругости и коэффициента линейного расширения для такой стали составят

$$E = 2,0 \cdot 10^5 \text{ МПа}, \quad \alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}.$$

2.3 Расчет обечайки

Схема к расчету обечайки на прочность приведена ниже на рисунке 2.2

Исполнительную толщину стенки s цилиндрической обечайки определяют по формуле

$$s = s_p + c + c_0; \quad (2.7)$$

$$s_p = \max \left(\frac{p_p D}{2\varphi[\sigma] - p_p}; \frac{p_{и} D}{2\varphi[\sigma]_{и} - p_{и}} \right), \quad (2.8)$$

$$s_p = \max \left(\frac{0,63 \cdot 2200}{2 \cdot 1,0 \cdot 177 - 0,63}, \frac{0,93 \cdot 2200}{2 \cdot 1,0 \cdot 273 - 0,93} \right) = \max \begin{pmatrix} 5,90 \\ 5,11 \end{pmatrix} = 5,90 \text{ мм.}$$

Прибавка к расчетной толщине обечайки определяется по формуле

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \quad (2.10)$$

где $c_1 = \Pi\tau + c_3$ – прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм;

Π – скорость коррозии, для выбранного материала $\Pi = 0,05$ мм/год;

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

c_2 – прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

c_3 – технологическая прибавка, мм.

Прибавка для компенсации коррозии и эрозии

$$c_1 = 0,05 \cdot 15 + 0 = 0,75 \text{ мм.}$$

При листовом прокате и сварной обечайке $c_2 = 0$ мм и $c_3 = 0$ мм [7, с. 16]. Поэтому

$$c = 0,75 + 0 + 0 = 0,75 \text{ мм.}$$

Прибавку c_0 примем равной 0,35 мм. Соответственно исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки составит

$$s = 5,90 + 0,75 + 0,35 = 8,0 \text{ мм.}$$

В отечественном машиностроении абсорбционные колонны диаметром более 2000 мм с толщиной стенки менее 10 мм не используются из соображений жесткости. Примем исполнительную толщину стенки $s = 10$ мм.

Допускаемое давление в рабочем состоянии и при испытаниях

$$[p] = \frac{2\varphi[\sigma](s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \cdot 1,0 \cdot 177 \cdot (10 - 0,75)}{2200 + 10 - 0,75} = 1,41 \text{ МПа}; \quad (2.11)$$

$$[p]_{и} = \frac{2\varphi[\sigma]_{и}(s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \cdot 1,0 \cdot 273 \cdot (10 - 0,75)}{2200 + 10 - 0,75} = 2,17 \text{ МПа.} \quad (2.12)$$

Как видно, оно не меньше соответствующих расчетных давлений.

2.4 Расчет днища

Схема к расчету эллиптического днища приведена на рисунке 2.3.

2.5 Расчет фланцевого соединения

Схема к расчету фланцевого соединения приведена на рисунке 2.4.

Для аппаратов с внутренним диаметром $D = 2200$ мм, нагруженных внутренним давлением $p = 0,63$ МПа, рекомендуется использовать плоские приварные фланцы [6, т. 1.36]. Толщина втулки фланца s_0 выбирается из условия

$$s_0 \geq s,$$

где s – исполнительная толщина стенки обечайки, $s = 10$ мм. Примем $s_0 = 10$ мм. Высота втулки фланца

$$h_b = 0,5\sqrt{D(s_0 - c)} = 0,5\sqrt{2200(10 - 0,75)} = 71,3 \text{ мм.} \quad (2.17)$$

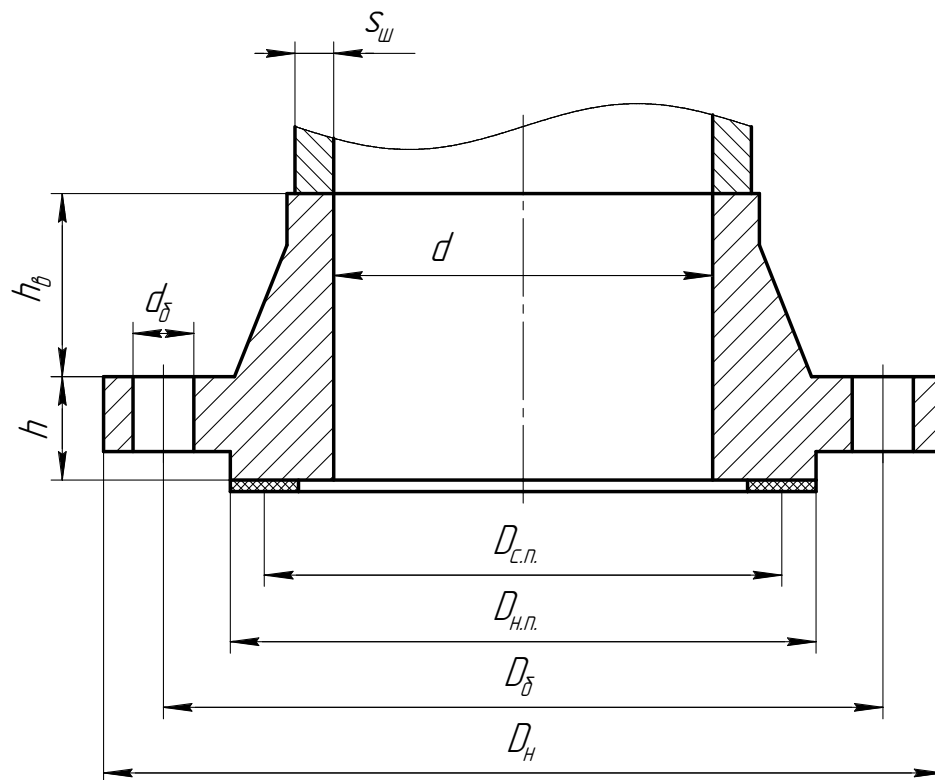


Рисунок 2.4 – Схема к расчету фланца

Принимаем $h_b = 75$ мм. Диаметр болтовой окружности фланцев

$$D_6 \geq D + 2(s_0 + d_6 + u), \quad (2.18)$$

где d_6 – наружный диаметр болтов, для проектируемого фланца рекомендуемый диаметр болтов составляет 20 мм [6, т. 1.40]; u – нормативный зазор между гайкой и втулкой, $u = 5$ мм [6, с. 95]. Соответственно

$$D_6 = 2200 + 2 \times (5 + 20 + 5) = 2290 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр фланца

$$D_H = D_6 + a, \quad (2.19)$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

$$h_{\phi} = 0,45 \sqrt{2200 \cdot 12,0} = 69,97 \text{ мм.}$$

Принимаем $h_{\phi} = 70 \text{ мм.}$

2.6 Расчет аппарата на действие ветровой нагрузки

2.6.1 Алгоритм расчета

Расчетом на ветровую нагрузку проверяется прочность и устойчивость аппарат, устанавливаемого на открытой площадке, при действии на него ветра. Определяются размеры опоры, фундаментных болтов и материал фундамента.

При расчете аппарат разбивается на некоторое число вертикальных элементов и для каждого определяется действующая на него сила от ветра. Затем рассчитывается момент, воспринимаемый опорой.

Поскольку расчет достаточно трудоемок, выполним его с применением ЭВМ. Далее описывается методика расчета, реализованная в программе MathCAD и дается сводная таблица результатов вычислений. Схема к расчету аппарата приведена на рисунке 2.5.

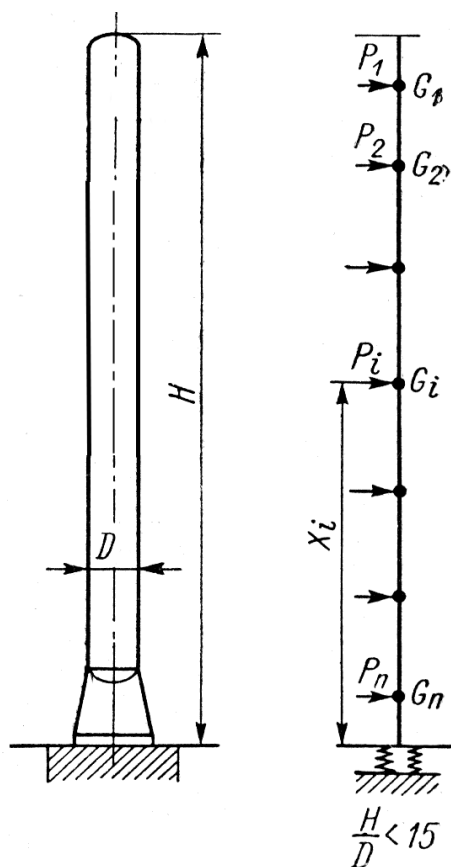


Рисунок 2.5 – Схема к расчету аппарата на ветровую нагрузку

Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

$$i := 0.. n - 1;$$

$$h_i := \left(i + \frac{1}{2} \right) \cdot dh. \quad (2.32)$$

Математическое описание графика [6, рисунок 29.17]

$$m(h) := \begin{cases} 0.35 & \text{if } h < 20\text{м} \\ 0.21 & \text{if } h > 100\text{м} \\ 0.35 + (h - 20\text{м}) \cdot \frac{0.21 - 0.35}{100\text{м} - 20\text{м}} & \text{otherwise} \end{cases}. \quad (2.33)$$

Момент инерции колонны

$$J_K := \frac{\pi}{8} \cdot (D + 2s)^3 \cdot s. \quad (2.34)$$

Момент инерции подошвы фундамента

$$J_\phi := 1.3J_K. \quad (2.35)$$

Угол поворота опорного сечения

$$\varphi_0 := \frac{1}{C_\phi \cdot J_\phi}, \quad (2.36)$$

где C_ϕ – коэффициент неравномерности сжатия грунта, $C_\phi = 50 \text{ МН/м}^3$ [6].

Период колебаний аппарата для $H/D = 23000/2200 = 10.5 < 15$

$$T := 1.79 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{G}{g} \cdot \left(\frac{H}{E_t \cdot J_K} + 4 \cdot \varphi_0 \right)}. \quad (2.37)$$

Интерполяция кубическим сплайном графической зависимости [6, рис. 29.16]

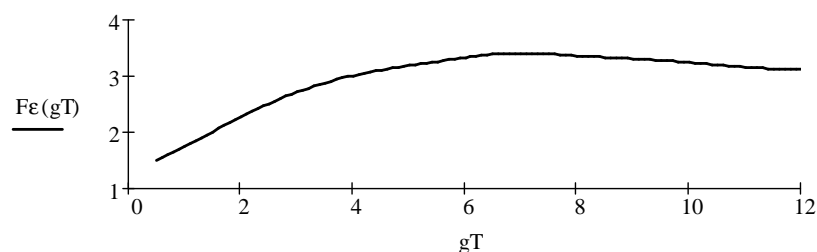
$$vT := (0.5 \ 1.5 \ 2.5 \ 4.0 \ 5.5 \ 7.0 \ 8.0 \ 9.0 \ 11.0 \ 12.0) c^T; \quad (2.38)$$

$$v\varepsilon := (1.50 \ 2.00 \ 2.50 \ 3.00 \ 3.25 \ 3.40 \ 3.35 \ 3.30 \ 3.15 \ 3.10) T; \quad (2.39)$$

$$v\varepsilon T := \text{cspline}(vT, v\varepsilon); \quad (2.40)$$

$$F\varepsilon(T) := \text{interp}(v\varepsilon T, vT, v\varepsilon, T); \quad (2.41)$$

$$gT := 0.5, 0.6.. 12; \quad (2.42)$$



Наружный диаметр опорного кольца

$$D_1 = D + 2s + 0.3 = 2,20 + 2 \times 0,01 + 0,3 = 2,52 \text{ м.} \quad (2.50)$$

Площадь опорной поверхности

$$F := \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_2^2) = 3.14 / 4 \times (2.52^2 - 2.14^2) = 1.391 \text{ м}^2. \quad (2.51)$$

Момент инерции опорного кольца

$$W := \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_1^4 - D_2^4}{D_1} = \frac{3.14}{32} \frac{2.52^4 - 2.14^4}{2.52} = 0.754 \text{ м}^3. \quad (2.52)$$

Напряжение в материале фундамента

$$\sigma := \frac{G_{\max}}{F} + \frac{M_{\max}}{W} = \frac{0.1699}{1.394} + \frac{34.235}{0.754} = 45.525 \text{ МПа.} \quad (2.53)$$

Выбираем установку опоры на стальной фундамент, для которого допускаемое напряжение $[\sigma]_{\phi} = 200 \text{ МПа}$ [6, табл. 29.1]

Проверка устойчивости аппарата

$$\sigma_x := \frac{G_{\max}}{F} - \frac{M_{\max}}{W} = \frac{0.1699}{1.394} - \frac{34.235}{0.754} = -45.281 \text{ МПа} < 0 \text{ МПа.} \quad (2.54)$$

Т.к. получено отрицательное значение, то аппарат неустойчив, значит необходима его фиксация фундаментными болтами. Нагрузка на фундаментные болты

$$P_{\phi} := \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot \sigma = \quad (2.55)$$

$$= 3.14 / 4 \times (2.52^2 - 2.14^2) \times 45,525 = 63,315 \text{ МН.}$$

Принимаем число болтов

$$z := 80.$$

Тогда нагрузка на один болт

$$P_{\phi 1} := \frac{P_{\phi}}{z} = 63,315 / 80 = 0.791 \text{ МН.} \quad (2.56)$$

Расчетный диаметр болтов

$$d_{\phi} := \sqrt{\frac{4P_{\phi 1}}{\pi \sigma_{\phi}}} + 2\text{мм} = \sqrt{\frac{4 \times 0.791}{3.14 \times 537}} + 0.002 = 0.045 \text{ мм.} \quad (2.57)$$

Принимаем

3 Специальный раздел

3.1 Выбор схемы транспортировки оборудования

В практике монтажа технологическое оборудование и конструкции часто перевозятся к месту монтажа и в монтажной зоне по шоссейным и грунтовым дорогам, а также железнодорожным транспортом.

Общая высота абсорбера составляет 23350 мм, диаметр 2200 мм, поэтому транспортировка от завода-изготовителя к месту установки может производиться в собранном виде с использованием железнодорожной платформы для перевозки особо длинных грузов (см. рисунок 3.1). Сборку корпуса колонны выполняют на заводе-изготовителе. Тарелки монтируются на месте после установки колонны в проектное положение.

Масса обечайки колонны

$$G_{об} = \frac{\pi [(D + 2s)^2 - D^2]}{4} H \rho_m,$$

где D – внутренний диаметр колонны, $D = 2200$ мм;

s – толщина стенки обечайки, $s = 10$ мм;

H – высота цилиндрической части обечайки, $H = 22800$ мм;

ρ_m – плотность материала обечайки, $\rho_m = 7500$ кг/м³.

Соответственно, масса обечайки

$$G_{об} = \frac{3,14 \cdot [(2,2 + 2 \cdot 0,010)^2 - 2,2^2]}{4} \cdot 22,8 \cdot 7500 = 14085 \text{ кг.}$$

Массу днищ, опоры, люков, штуцеров и прочих устройств колонны учтем 15% надбавкой. Тогда масса оборудования, подлежащего транспортировке

$$G_T = 1,5G_{об} = 1,15 \cdot 14085 = 16200 \text{ кг.}$$

Масса и габариты аппарата позволяют воспользоваться для его транспортировки специальной железнодорожной платформой для перевозки негабаритных грузов, модель 23-45000. Внешний вид платформы приведен на рисунке 3.1. Грузоподъемность платформы 64 тонны, максимальная длина перевозимого груза 24,0 метра.

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата		

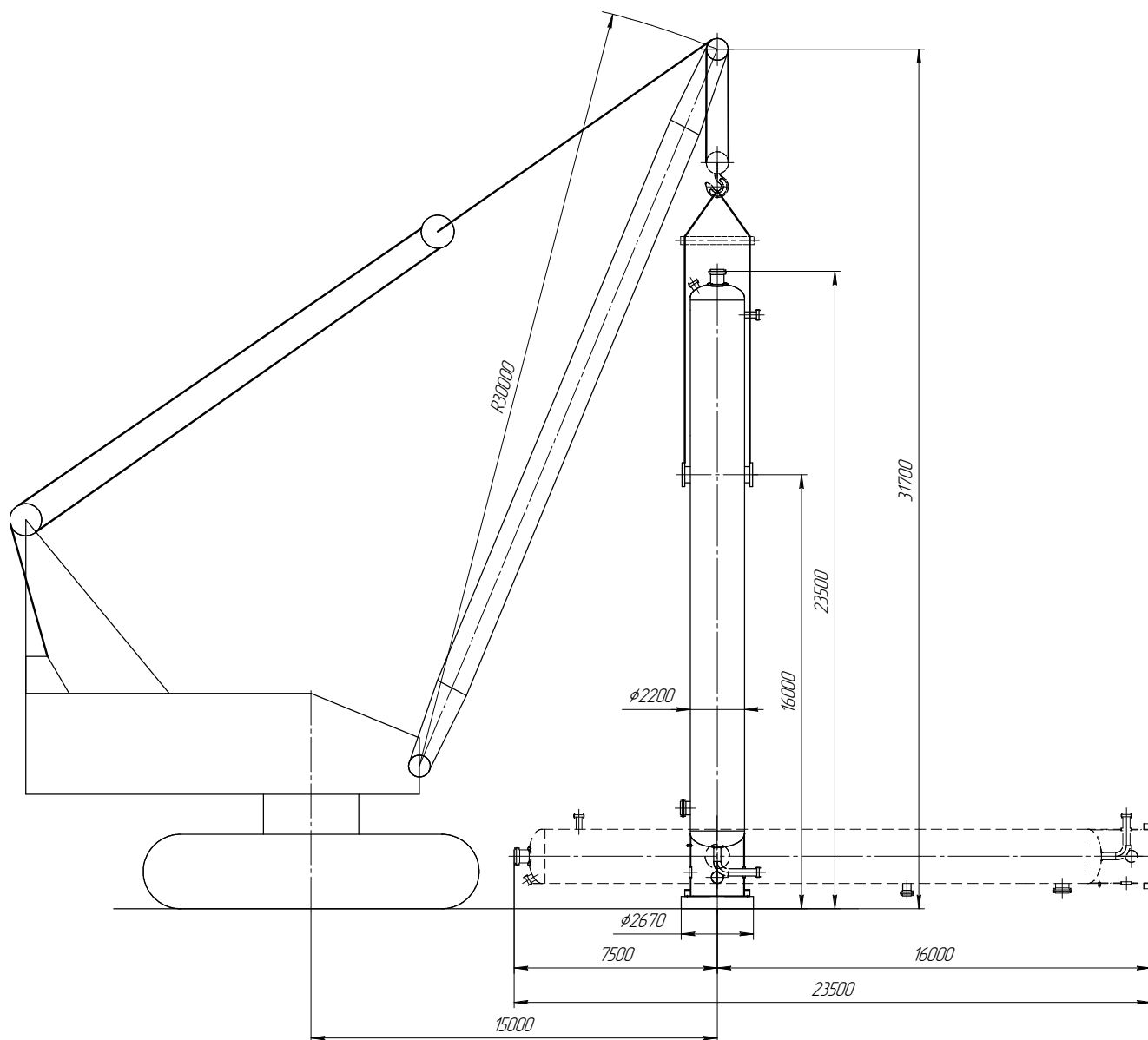


Рисунок 3.2. Схема монтажа колонны

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

3.3 Приёмка фундамента под монтаж

Готовность фундаментов к производству монтажных работ оформляют актом приемки-сдачи, подписанным представителями строительной и монтажной организации и технадзора заказчика.

К акту прилагают составленные строительной организацией исполнительные схемы: а) основных и привязочных размеров, отметок фундамента, расположения фундаментных болтов, шанцев и анкерных колодцев; б) расположения металли-

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

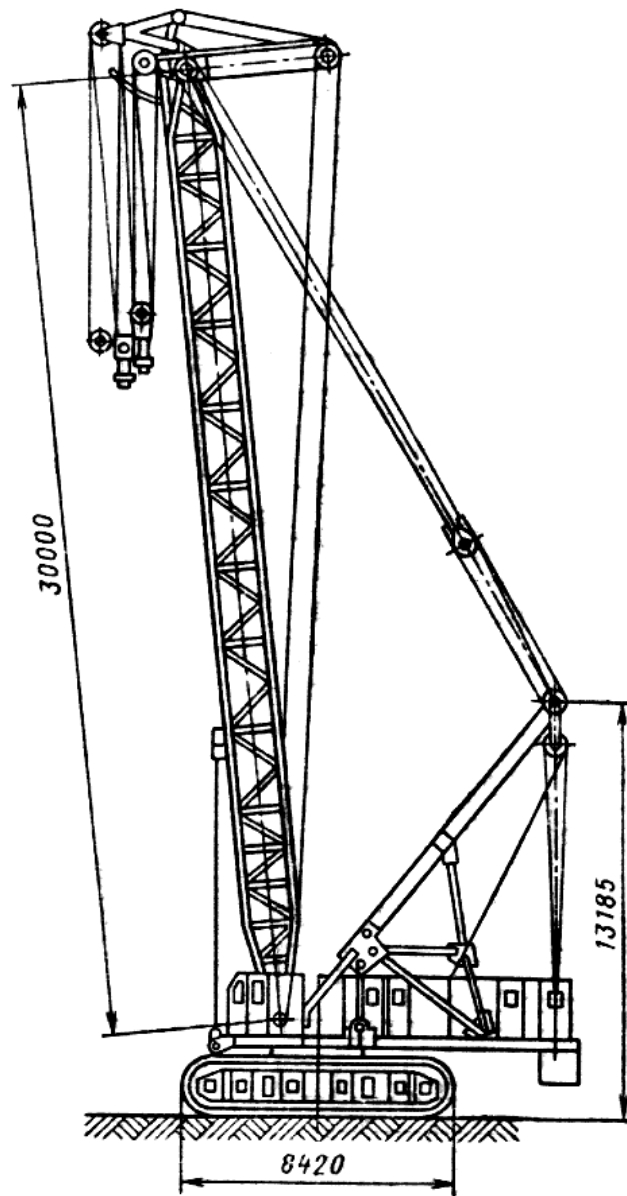


Рисунок 3.3 – Кран СКГ 63-100 со стрелой 30 м

Необходимая высота подъема крюка крана для установки аппарата на фундамент вычисляется по формуле:

$$h_k = h_{\phi} + h_3 + h_0 + h_c,$$

где $h_{\phi} = 0,5$ м – рекомендуемая высота фундамента;

$h_3 = 0,5$ м – рекомендуемый запас высоты оборудования над фундаментом;

$h_0 = 16,0$ м – высота блока оборудования от основания до места строповки, назначается по чертежу аппарата;

$h_c = 8,5$ м – высота стропа, назначается по конструктивным соображениям.

$$h_k = 0,5 + 0,5 + 16,0 + 8,5 = 25,5 \text{ м.}$$

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

Вычисляем требуемый момент сопротивления по формуле:

$$W = \frac{112 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 210 \cdot 10^6} = 62,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

По моменту сопротивления $W = 62,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ выбираем с запасом сечение па-
трубка для траверсы размером 150/6 мм с моментом сопротивления

$$W_T = 64,12 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 > W_{\text{мин}} = 62,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Условие прочности траверсы выполняется.

3.4.3 Расчёт канатных строп

Стропы из стальных канатов применяются для строповки поднимаемого обо-
рудования с грузозахватными приспособлениями для подъёма различного оборудо-
вания.

Для строповки тяжеловесного оборудования преимущественно применяют
инвентарные витые стропы, выполняемые в виде замкнутой петли путём последо-
вательной параллельной плотной укладки перевитых между собой витков каната
вокруг начального центра витка.

Схема к расчёту канатного стропа приведена на рисунке 3.5.

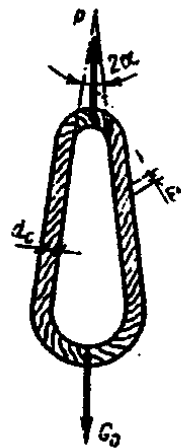


Рисунок 3.5 – Расчётная схема витого канатного стропа

Натяжение в одном витке стропа определяется по формуле:

$$S = \frac{P}{m \cdot n \cdot \cos \alpha},$$

где $P = 200/2 = 100 \text{ кН}$ – усилие, приложенное к стропу;

$m = 2$ – количество ветвей витого стропа;

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

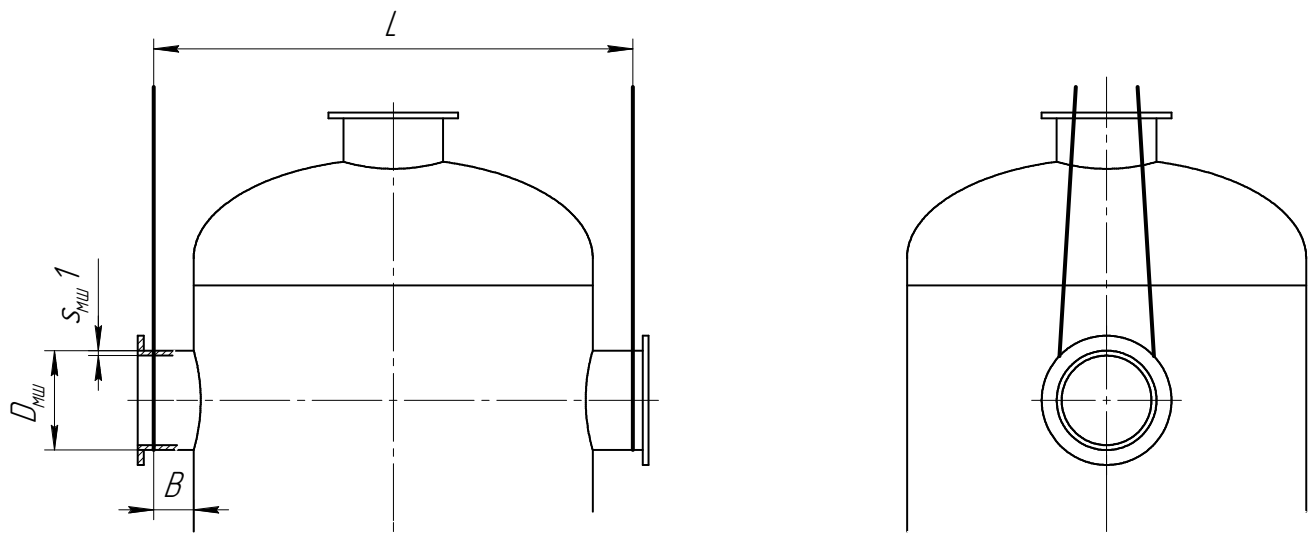


Рисунок 3.6. Схемы строповки оборудования при помощи монтажных штуцеров
 а) монтаж параллельными полиспастами; б) монтаж косыми полиспастами

Усилие от стропа, действующее на каждый монтажный штуцер:

$$N = G_o/2,$$

где G_o — масса поднимаемого оборудования,

$$G_o = G_{\text{монт}} = 16,5 \cdot 9,81 = 162 \text{ кН.}$$

Следовательно

$$N = 162/2 = 81 \text{ кН.}$$

Определяем величину момента от усилия в стропе, действующего на штуцер:

$$M = NL,$$

где L — расстояние от линии действия усилия N до стенки аппарата, $L = 0,3$ м. Значит

$$M = 81 \times 0,3 = 24,3 \text{ кН} \times \text{м.}$$

Далее необходимо определить сечение штуцера, удовлетворяющее условиям прочности. Подсчитывают минимальный момент сопротивления его поперечного сечения:

$$W = \frac{M}{0,1mR} = \frac{24,3}{0,1 \times 2 \times 0,25} = 0,486 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

По таблице [9, приложение V] определяем с запасом сечение патрубка 250x12 для монтажного штуцера с моментом сопротивления $0,594 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

Проверяем прочность сварного кольцевого шва, крепящего монтажный штуцер к аппарату:

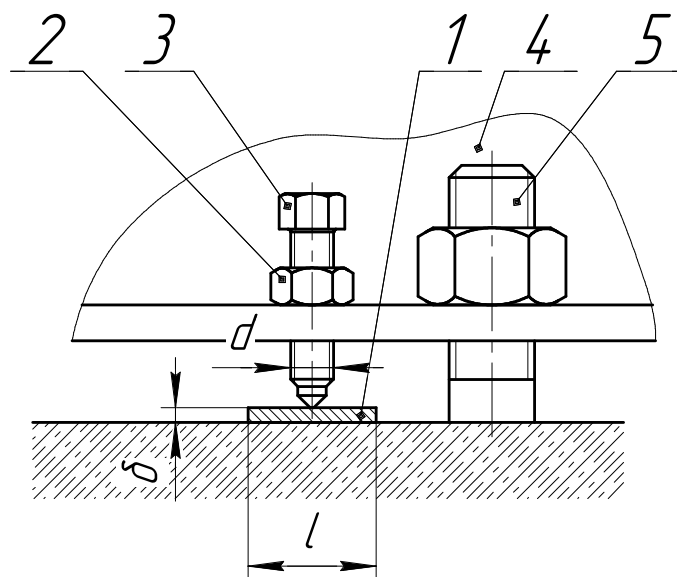


Рисунок 3.7 – Схема выверки отжимными регулировочными винтами:

1 – опорная пластина; 2 – стопорная гайка; 3 – регулировочный винт; 4 – опорная часть оборудования; 5 – фундаментный болт

При опускании оборудования на фундамент отжимные регулировочные винты должны выступать ниже установочной поверхности оборудования на 10 – 30 мм.

Положение оборудования по высоте и горизонтали (вертикали) регулируют поочередно всеми отжимными винтами, не допуская в процессе выверки отклонения оборудования от горизонтали (вертикали) более чем на 3 мм на 1 м. После завершения выверки плотности прилегания регулировочных винтов к опорным пластинам проверяют щупом толщиной 0,1 мм, а положение фиксируют контргайками. Пространство между плоскостью опоры и поверхностью фундамента заливают бетоном.

Перед окончательной затяжкой фундаментных болтов регулировочные винты должны быть вывернуты на два-три оборота. При повторном использовании 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.

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
------	------	--------	-------	------

Ответственность за неправильную эксплуатацию оборудования, тем более приведшую к поломкам и авариям, наряду с непосредственными виновниками, несут мастер и начальник цеха (участка).

3.6.2 Подготовка к ремонту и ремонт оборудования

Основанием для остановки оборудования на ремонт служит месячный график планово-периодического ремонта.

На подготовку и остановку на ремонт крупного технологического оборудования издается приказ по предприятию, в котором указываются: сроки подготовки и ремонта; исполнители работ; ответственные за технику безопасности; ответственные за подготовку оборудования к 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 газоопас-

Схему на установку заглушек подписывает заместитель начальника цеха. Дежурный ремонтный персонал на подготовительные работы может привлекаться только по письменному распоряжению начальника цеха. Во всех остальных случаях дежурному ремонтному персоналу запрещается самостоятельно проводить установку и снятие технологических заглушек.

Состояние работ по подготовке оборудования к ремонту записывается в журнале приема и сдачи смен. Работы по подготовке к ремонту, не законченные предыдущей сменой, оформляются в журнале приема и сдачи смен ответственным за подготовку и продолжаются следующей сменой. О выполненных подготовительных работах и принятых мерах по технике безопасности ответственное лицо за вывод оборудования в ремонт делает отметку в журнале начальников смен.

Полностью подготовленное к ремонту оборудование сдается лицом, ответственным за вывод оборудования в ремонт, руководителю ремонта (мастеру ремонтно-механического или энергоремонтного цеха, мастеру цеха централизованного ремонта и т. п.).

При сдаче оборудования в текущий ремонт запись об этом делается в журнале начальников смен, а в капитальный ремонт — оформляется акт, который подписывает лицо, ответственное за вывод оборудования в ремонт, и 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.

Измерение расхода рассола (холодной воды) в теплообменник ТО для охлаждения поглотителя выполняется комплектом средств автоматизации (поз. 8), включающим в себя прибор для измерения расхода с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 8-1).

Сверху абсорбера отбираются хвостовые газы, которые направляются на очистку. Содержание оксида азота после абсорбера измеряется комплектом средств автоматизации (поз. 17), включающим в себя прибор для измерения контроля состава с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 17-1). При превышении содержания NO на выходе более 1,5% (об.) срабатывает сигнализация.

Температура хвостовых газов на выходе из абсорбера измеряется комплектом средств автоматизации (поз. 2), включающим в себя первичный измерительный преобразователь температуры, установленный по месту (поз. 2-1); преобразователь сигнала, установленный на щите (поз. 2-2).

Азотная кислота с концентрацией 60-65% отбирается из куба колонны. Показателем эффективности процесса абсорбции нитрозных газов водой является концентрация азотной кислоты в продукте колонны. Уменьшение концентрации вызывает отбраковку продукта. Значение концентрации азотной кислоты должно поддерживаться постоянным, что является целью управления. Контроль и регулирование концентрации азотной кислоты осуществляется одноконтурной АСР (поз. 10), которая включает в себя прибор контроля состава с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 10-1); регулятор, входящий в состав МПК; электропневматический преобразователь, установленный на щите (поз. 10-2); регулирующий клапан на линии расхода поглотителя (поз. 10-3).

Измерение расхода слабой азотной кислоты выполняется комплектом средств автоматизации (поз. 6), включающим в себя прибор для измерения расхода с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (поз. 6-1).

Процесс образования азотной кислоты из нитрозных газов и воды является экзотермическим, поэтому на нижних тарелках, где выделение тепла наиболее интенсивно, предусмотрено охлаждение через змеевики на тарелках. Охлаждение выполняется жидким аммиаком. Регулирование температуры в кубе колонны

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		

4.2 Выбор и обоснование средств автоматизации

4.2.1 Анализ существующего уровня автоматизации в процессе абсорбции нитрозных газов

На существующем производстве азотной кислоты используются следующие приборы и средства автоматизации.

Датчиком для измерения расхода является камерная диафрагма ДК6-150, 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 ПВ10.1Э, регулирующей орган – обратный клапан.

Контроль температуры поглотителя ведется с помощью хромель копелевой термопары ТХК, установленном на трубопроводе. Индикация и регистрация осуществляется с помощью прибора КСП. С помощью преобразующего прибора ЭПП – 63 осуществляется подача сигнала на регулирование расхода поглотителя.

Для измерения давления внизу колонны использован сильфонный манометр с пневматическим выходным сигналом МС-П2, сигнал от которого воспринимается вторичным пневматическим прибором ПВ10.1Э, показывающий, регистрирующий.

Датчиком для измерения расхода азотной кислоты выбрана камерная диафрагма ДК6-150, 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-У2.

Для измерения концентрации азотной кислоты выполняется датчиком ИС-4М. Пневматический выходной сигнал воспринимается прибором ПВ2.2.

Температура захлажденной воды, азотной кислоты и выходящего из колонны газа осуществляется с помощью хромель копелевой термопары ТХК, установлен-

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата		

Основными преимуществами выбранных расходомеров являются:

1) интегральная конструкция расходомера исключает потребность в импульсных линиях и дополнительных устройствах, сокращается количество потенциальных мест утечек среды;

2) многопараметрический преобразователь 3095MV в составе расходомеров обеспечивает вычисление мгновенного массового расхода жидкости, пара, газа, или объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям;

Расход воды измеряется при помощи расходомера на базе осредняющей напорной трубки (ОНТ) Annubar Метран-350, исполнение Метран-350-MFA. Прибор предназначен для измерения объемного расхода и вычисления массового расхода воды и водных растворов в полностью заполненных трубопроводах. Основные преимущества: 1) наличие канала измерения температуры; 2) архивация данных; 3) связь с компьютером по каналу RS232; 4) цифровой интерфейс для систем АСУТП HART; 5) сохранение информации при отключении питания [14].

Расходомер поставляется для трубопроводов с диаметром условного прохода Ду 15...300 мм, пределы измерений расхода 0,03...2000 м³/ч, избыточное давление измеряемой среды до 1,6 МПа. Принцип работы состоит в измерении параметров среды и проведения на их основе последующих вычислений с помощью вычислителя МЕТРАН-310 ВР.

4.2.2.3 Выбор и обоснование средств измерения давления

Давление нитрозных газов на входе в абсорбер (0,35 МПа) измеряется при помощи интеллектуального датчика давления МЕТРАН-150, модель 150TG (поз. 18-1). Интеллектуальные датчики давления серии Метран-150 предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и цифровой сигнал в стандарте протокола HART входных измеряемых величин: 1) избыточного давления; 2) абсолютного давления; 3) разности давлений; 4) давления-разрежения; 5) гидростатического давления (уровня) [14].

Управление параметрами датчика может выполняться на месте с помощью HART-коммуникатора, удаленно с помощью программы HART-Master, HART-

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата		

цессов с различными типами и размерами фланцев и технологических присоединений.

4.2.2.5 Выбор и обоснование средств измерения концентрации

Для измерения содержания оксида азота в хвостовых газах после абсорбера используется газоанализатор Ultramat 23 (поз.17-1) Данный анализатор позволяет измерять содержание следующих газов: CO, CO₂, NO, SO₂, CH₄, O₂. Выходной сигнал 4-20 мА [14].

Для определения концентрации азотной кислоты используется универсальный промышленный анализатор КОЛИОН с датчиком типа Ф4, устанавливаемом на трубопроводе (поз 10-1).

Прибор состоит из заменяемого датчика и универсального микропроцессора для преобразования сигнала с различных датчиков в стандартный электрический сигнал 4..20 мА [15].

4.2.2.6 Выбор и обоснование нормирующих преобразователей

В качестве преобразователя электрического сигнала в токовый сигнал, выбран преобразователь измерительный Метран-935 (поз. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2).

Преобразователь измерительный Метран-935 предназначен для непрерывного преобразования входного сигнала от термопреобразователя сопротивления (ТС), преобразователей термоэлектрических (ТП) в выходной унифицированный токовый сигнал 0-5, 4-20, 0-20 мА [14].

4.2.2.7 Выбор и обоснование преобразователей электропневматических

В качестве электропневматического преобразователя сигнала выбран электропневмопреобразователь ЭП-Ех, предназначенный для преобразования унифицированного непрерывного сигнала постоянного тока в унифицированный пропорциональный пневматический непрерывный сигнал (поз. 3-3, 4-3, 10-2, 11-2).

Электропневмопреобразователь ЭП-Ех состоит из блока преобразователя электропневматического ЭП-Ех и барьера искрозащиты пассивного БИП-1. Блок электропневматического преобразователя имеет маркировку взрывозащиты

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		

После достижения аппаратом нормального технологического режима сбросные линии закрываются. Одновременно с этим открывается электрозадвижки (поз. 14 и 16) и хвостовые газы направляются в систему очистки, а азотная кислота – на отбеливание. Для этого используют пусковую аппаратуру (кнопки УП 5300 (поз. 14-1 и 16-1) и магнитные пускатели ПМЕ-200 (поз. 14-2 и 16-2), управляющие электроприводами клиновых задвижек 30с976нж (поз. 14-3 и 16-3).

4.2.3 Описание микропроцессорного комплекса

Система управления metso DNA включает в себя различные контроллеры, устройства интерфейса и другое оборудование, позволяющее легко подобрать оптимальную конфигурацию системы для любого типа процесса в диапазоне от непрерывных процессов до периодических или дискретных процессов.

Базовая система управления metso DNA базируется на следующих основных принципах разработки: 1) распределение функции управления по элементам системы при интегрировании и централизованной обработке данных; 2) использование и объединение достижений передовых технологий; 3) гибкость структуры системы управления; 4) ориентация структуры системы управления на инженеров-технологов, не владеющих навыками программирования.

Система управления metso DNA собирает информацию о состоянии технологического процесса и контроллеров с различных удаленных устройств, что позволяет оператору управлять процессом с одного центрального пульта.

Пульт оператора процесса позволяет создавать различные дисплейные фрагменты по желанию технолога, а также выполнять такие функции, как формирование рапортов, трендов истории, управление циклическими процессами, самодиагностики.

Оперативный персонал может вызвать тренды, которые могут использоваться для управления и для просмотра данных прошлого и текущего технологического режима.

Информация направляемая по адресу, присвоенному параметром процесса и заспецифицированная для тренда истории, может периодически вызываться на экран, а также записываться в долговременную память. Информация трендов мо-

					vector-study.ru	Лист
Изм.	Лист	N докцм.	Подп.	Дата		

Таблица 4.1 – Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации						
СКФУ НТИ		Производство азотной кислоты Отделение абсорбции			Дипломный проект	
					Лист 1	Листов 5
Позиция	Наименование параметра, среда, место отбора импульса	Предельное значение	Место установки	Наименование и характеристика	Тип, модель	Завод-изготовитель
1	2	3	4	5	6	7
1-1	Температура нитрозных газов	60 °С	На трубопроводе	Термометр сопротивления. Предел измерения -50...+150°С. Условное давление 6.4 МПа. Защитная арматура сталь 12Х18Н10Т	ТСМ МЕТРАН 254	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
1-2			Стойка преобразователей	Преобразователь измерительный Метран-935	Метран-935	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
2-1	Температура хвостовых газов	40 °С	На трубопроводе	см. поз. 1-1		
2-2			Стойка преобразователей	см. поз. 1-2		
3-1	Температура поглотителя	40 °С	На трубопроводе	см. поз. 1-1		
3-2			Стойка преобразователей	см. поз. 1-2		

6-1	Расход азотной кислоты	2,2 м ³ /с	На трубопроводе	см. прибор 5-1		
7-1	Расход жидкого аммиака	1,8 м ³ /с	На трубопроводе	см. прибор 5-1		
8-1	Расход хладо-агента	0,6 м ³ /с	На трубопроводе	Расходомеры на базе осредняющей напорной трубки (ОНТ) Annubar, выходной сигнал 0..5мА/HART	Метран-350-MFA	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
11-1	Уровень внизу колонны	1,2 м	На фланце	Датчик гидростатического давления Rosemount 3051S-L. Давление 125 кПа..27,6 МПа. Температура -70..350°C	Rosemount 3051S-L	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
11-2			Стойка преобразователей	Преобразователь из электрического сигнала в пневматический ЭП-Ех с блоком искрозащиты	ЭП-Ех	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
11-3	Линия отбора азотной кислоты из куба колонны		На трубопроводе	Регулирующий клапан с пневмоприводом, предельная температура 300°C, Ру 1,0 МПа, Ду 250 мм.	25ч30 нж	«Красный профинтер», г.Гусь-хрустальный
17-1	Концентрация NO в хвостовых газах	4%	На трубопроводе	Газоанализатор Ultramat 23		
10-1	Концентрация азотной кислоты	48%	На трубопроводе	Анализатор в комплекте поставки: ионизационный датчик, выходной электрический сигнал 4..20 мА	КОЛИОН-Ф4	«KOSTIP» Ltd
10-2			Стойка преобразователей	см. прибор 4-2		

5 Безопасность жизнедеятельности и экологичность проекта

Цель дипломного проекта – разработка проекта конструкции производства неконцентрированной азотной кислоты. Проектируемый аппарат, по сравнению с аналогичным оборудованием, позволит увеличить выход слабой азотной кислоты за счет использования двух колпачковых тарелок, обладающих лучшей эффективностью, чем ситчатые. Для достижения этой цели в дипломном проекте предусмотрены следующие мероприятия:

1) проанализированы существующие схемы производства азотной кислоты и выбрана установка, обеспечивающая наиболее полное превращение оксидов азота в кислоту, выполнены расчеты, определяющие оптимальные параметры для процесса поглощения нитрозных газов водой (см. раздел 1);

2) для предотвращения разрушения аппарата в рабочих условиях выполнены соответствующие расчеты на прочность (см. раздел 2);

3) для обеспечения безопасного монтажа выполнены расчеты и в соответствии с ними выбрана такелажная оснастка (см. раздел 3);

4) разработана система контроля и автоматизации оборудования, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала и достижение заданной степени абсорбции NO при изменяющихся условиях работы аппарата (см. раздел 4);

5) выполнены экономические расчеты, показывающие эффективность принятых решений (см. раздел 6).

Результаты дипломного проекта будут реализованы в природно-климатических условиях города Невинномысска, 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 $T_{з} = -0,4^{\circ} \text{C}$.

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

Тетроксид, ангидрид азотной кислоты, пары и аэрозоль азотной кислоты действуют тоже раздражающе-удушающим образом на органы дыхания человека. Низшие окислы азота: закись азота и ангидрид азотной кислоты обладают преимущественно сосудорасширяющим и метгемоглобинообразующим свойствами, а отчасти и наркотическим свойством.

Систематическое воздействие превышающих предельно допустимые концентрации, но ещё не способных острое отравление концентраций двуокиси азота и других высших окислов азота ведёт к развитию тяжёлых хронических заболеваний дыхательных путей – хронических бронхитов, бронхиолитов, токсических пневмосклерозов, часто осложнённых астмоидными приступами, бронхоэктазиями и явлениями вторичной слабости сердца.

При нештатных ситуациях на персонал могут воздействовать:

- 1) повышенное давление и температура;
- 2) растворы азотной кислоты, нитрозные газы;
- 3) кислые стоки;
- 4) пар давлением 2,9 : 1,4 : 0,4 МПа температурой до 350°C;
- 5) повышенный уровень шума, что приводит к увеличению кровяного давления, учащению пульса, дыхания, снижению остроты слуха, ослабления внимания, снижению работоспособности, некоторым нарушениям координации движения;
- б) высокое напряжение 6000, 380, для электрического освещения – 220В.

Водяной пар высокого давления опасен в основном тем, что при воздействии на незащищенные участки тела вызывает термические ожоги. Ожог – это повреждение тканей, возникающее от местного теплового, химического, электрического или радиационного воздействия.

Тяжесть ожогов определяется прежде всего глубиной повреждения тканей; различают следующие степени ожогов: I – покраснение и отечность пострадавшей кожи; II – отслойка эпидермиса с образованием пузырей; III А – омертвление поверхностных слоев кожи; III Б – омертвление всех слоев кожи; IV – омертвление глубжележащих мягких тканей, костей, суставов. Ожоги I и II степени называют поверхностными, все остальные — глубокими. Ожоги 10% всей кожи и более

шению подвижности нервных процессов, изменению электроэнцефалографических показателей, нарушает биоэлектрическую активность головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме.

При импульсных и нерегулярных шумах степень воздействия шума повышается.

Изменения в функциональном состоянии центральной и вегетативной нервных систем наступают гораздо раньше и при меньших уровнях шума, чем снижение слуховой чувствительности.

Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т.д. Воздействие шума может вызывать негативные изменения эмоционального состояния человека, вплоть до стрессовых. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда.

Характер и глубина воздействия электрического тока на организм человека зависит от силы и рода тока и времени его действия, пути прохождения через тело человека, физического и психологического состояния последнего. Так, сопротивление человека в нормальных условиях при сухой неповрежденной коже составляет сотни кОм, но при неблагоприятных условиях может упасть до 1 кОм.

Пороговым(ощутимым) является ток около 1 мА. При большем токе человек начинает ощущать неприятные болезненные сокращения мышц, а при токе 12-15 мА уже не в состоянии управлять своей мышечной системой и не может самостоятельно оторваться от источника тока. Такой ток называется неотпускающим.

Действие тока свыше 25 мА на мышечные ткани ведет к параличу дыхательных мышц и остановке дыхания. При дальнейшем увеличении тока может наступить фибрилляция (судорожное сокращение) сердца. Ток 100 мА считают смертельным.

Переменный ток более опасен, чем постоянный. Имеет значение то, какими участками тела человек касается токоведущей части. Наиболее опасны те пути, при которых поражается головной или спинной мозг (голова–руки, голова–ноги), сердце и легкие (руки–ноги).

7. С целью обеспечения безотказности производства, для создания азотных подушек, для приборов КИПиА и других целей используется чистый азот с содержанием кислорода 0,02% объемных.
8. С целью уменьшения вероятности попадания азотной кислоты в систему сбора конденсата конденсат водяного пара через нейтрализатор сбрасывается в химзащищенную канализацию.
9. На коллекторе сброса газов на факел предусмотрена емкость (сепаратор) для улавливания всей жидкости, которая может быть выброшена из системы синтеза в случае аварийных ситуаций.
10. Для предотвращения коррозии аппаратов и трубопроводов они изготовлены из материалов, стойких в средах, содержащих азотную кислоту.

Для предотвращения разрушения оборудования необходимо выполнение требований «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячего водоснабжения» ПБ 10-573-03.

Для защиты персонала от воздействия опасных и вредных факторов предусмотрены средства индивидуальной защиты.

Для защиты от удара молнией рекомендуется устанавливать молниеотводы на высоком оборудовании. Молниеотвод устанавливаем на абсорбере нитрозных газов высотой $h = 22$ м с наружным диаметром 2,8 м.

Молниеотвод состоит из молниеприёмника, воспринимающего удар молнии, токоотвода, соединяющего молниеприёмник с землёй, и заземлителя, отводящего ток линии в землю. Схема к расчёту молниеотвода приведена на рисунке 5.1.

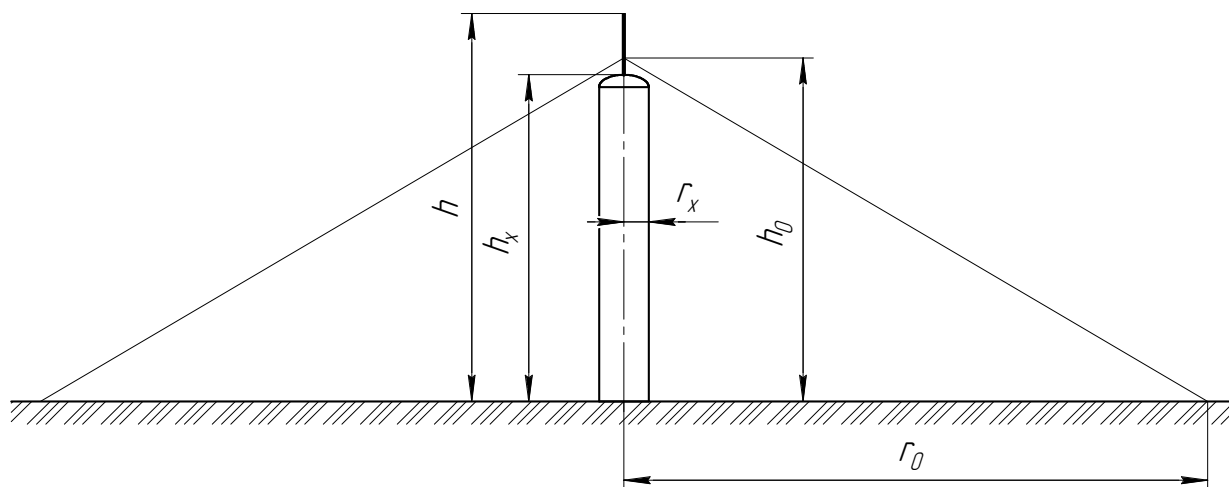


Рисунок 5.1 Схема к расчёту молниеотвода

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

где $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ – удельное сопротивления грунта;

$L = 2.5 \text{ м}$ – длина электрода;

$h = 1.95 \text{ м}$. – расстояние от поверхности земли до середины электрода;

$b = 0.05 \text{ м}$. – ширина полки.

Тогда сопротивление заземления составит

$$R_{\text{СТО}} = \frac{0.16 \cdot 100}{2.5} \cdot \ln \frac{2 \cdot 2.5}{0.95 \cdot 0.05} + 0.5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 1.95 + 2.5}{4 \cdot 1.95 - 2.5} = 31.94 \text{ Ом}.$$

В соответствии с главой 1.7.64 «Правила устройства электроустановок» сопротивление стержней заземления не должно превышать 30 Ом, соответственно один стержень не достаточно. Определим необходимое количество стержней по формуле

$$n_{\text{СТ}} = \frac{R_{\text{СТО}}}{R_{\text{СТ}} \cdot \eta_{\text{СТ}}},$$

где $R_{\text{СТ}} = 30 \text{ Ом}$ – максимально допустимое сопротивление стержня;

$\eta_{\text{СТ}} = 0.86$ – коэффициент использования стержневых электродов, при расстоянии между ними 5 м. и длине $L = 2.5 \text{ м}$.

Тогда

$$n_{\text{СТ}} = \frac{31.94}{30 \cdot 0.86} = 1.2.$$

Выбираем ближайшее целое число – 2, то есть заземляющее устройство состоит из двух электродов длиной 2.5 м., зарытых вертикально в грунт на расстоянии друг от друга – 5 метров на глубину 1.95 м. от поверхности земли до середины электрода.

5.3 Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях

В соответствии с законами Российской Федерации: «О гражданской обороне», «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Постановлением Правительства Российской Федерации «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» необходимо: создание системы подготовки персонала к адек-

6 Организационно-экономический раздел

6.1 Технико-экономическая характеристика

Проектируемый абсорбер нитрозных газов входит в установку производства азотной кислоты мощностью 350 т/сут.

В оборудовании-аналоге установлены простые по конструкции ситчатые тарелки. В данной дипломной работе произведена замена двух нижних тарелок на колпачковые, которые обладают большей эффективностью по сравнению с ситчатыми, но и более дорогими. Использование колпачковых тарелок позволит достичь большей степени поглощения нитрозных газов водой.

Капитальные расходы на строительство аналогичного цеха составляют 632052378 руб., проектируемого 638436745 руб.

Оценка эффективности проектных решений осуществлена путем сопоставления стоимостных и натуральных показателей, характеризующих различные варианты решений. К основным стоимостным показателям относятся себестоимость продукции, срок окупаемости, прибыль, чистая дисконтированная стоимость дохода и дополнительные капиталовложения. К натуральным показателям относятся: производительность труда, расход сырья и материалов, топлива и энергии, использование оборудования и производственных площадей и др. Стоимостные показатели дают комплексную оценку экономической эффективности производства.

6.2 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.

Производственную мощность установки определяем по формуле:

$$M^{\text{п}} = T_{\text{м}} \Pi = 1 \cdot 360 \cdot 350 = 126000 \text{ т/год,}$$

где T_c – часовая тарифная ставка;

$Ч_p$ – численность рабочих;

$\Phi_{гвр}$ – фонд времени (в днях и часах).

Фонд основной заработной платы рассчитывается по формуле

$$\Phi_{зпо} = \Phi_{зпт} + П + O_n + O_{п},$$

где $П$ – премии;

O_n – оплата за работу в ночное время;

$O_{п}$ – оплата за работу в праздничные дни.

Также рассчитывается дополнительная заработная плата. Общая годовая заработная плата, определяется путем суммирования фонда основной и дополнительной заработной платы.

Расчет штатов и фонда заработной платы инженерно – технических работников осуществляется в соответствии со штатным расписанием. При расчете штатов и фонда заработной платы необходимо учитывать начисления на заработную плату.

Все данные и расчеты сведены в таблицы 6.2 и 6.3.

Таблица 6.2 – Разработочная таблица для расчета заработной платы рабочих

Профессия	Тарифный разряд	Явочное количество рабочих в смену	Явочное количество рабочих в сутки	Штатное количество рабочих	Списочное количество рабочих
1.Основные рабочие	6	12	36	38	38
2. Вспомогательные рабочие		7	21	23	23
2.1. По уходу и надзору за оборудованием	5	4	12	13	13
2.2. По текущему ремонту оборудования	4	3	9	10	10
Всего штатное количество рабочих		19	57	61	61

Таблица 6.3 – Разработочная таблица для расчета заработной платы ИТР

Должность	Число смен в сутки	Количество работающих в 1 смену	Количество работающих с учетом подмены	Списочное количество работников
Руководители	1	9	9	8
Специалисты	2	2	4	4
Служащие	1	2	2	2
Всего		13	15	14

б) расходы на содержание и эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание основных средств и иного имущества, а так же на поддержание их в исправном (актуальном) состоянии;

в) расходы на освоение природных ресурсов;

г) расходы на научные исследования и опытно-конструкторские разработки;

д) расходы на обязательное и добровольное страхование;

е) прочие расходы, связанные с производством и (или) реализацией;

Расходы, связанные с производством и (или) реализацией подразделяются на:

а) материальные расходы; б) расходы на оплату труда; в) суммы начисленной амортизации; г) прочие расходы.

Дополнительно учитываем внереализационные расходы. Это расходы не связанные с производством и реализацией. Они включают в себя обоснованные затраты на осуществление деятельности непосредственно не связанные с производством и (или) реализацией.

После расчета калькуляции затрат по проектному варианту выполним сравнение с плановой по аналогу, определяя экономию затрат по основным статьям расходов и в целом по себестоимости. Результаты расчета экономии по калькуляционным статьям как абсолютной, так и относительной, представлены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Результаты расчета экономии по калькуляционным статьям

Наименование статей расхода	Данные аналога		Проектные данные		Отклонение	
	на единицу	на весь выпуск	на единицу	на весь выпуск	абс	%
Переменные расходы						
1. Материальные расходы	2 488,30р.	299 093 539,80р.	2 458,00р.	298 524 464,35р.	- 569 075,45р.	-0,19
2. Расходы энергоресурсов	3 517,47р.	422 799 894,00р.	3 468,00р.	421 188 600,00р.	- 1 611 294,00р.	-0,38
3. Расходы на оплату труда	345,61р.	41 541 833,36р.	345,50р.	41 961 447,84р.	419 614,48р.	1,01
Итого переменные расходы	6 351,37р.	763 435 267,16р.	6 271,51р.	761 674 512,19р.	- 1 760 754,97р.	-0,23
Постоянные расходы						
4. Амортизационные расходы	1 453,98р.	174 768 396,00р.	1 448,70р.	175 944 615,00р.	1 176 219,00р.	0,67
5. Расходы на обязательное и добровольное страхование имущества	359,80р.	43 247 839,80р.	340,59р.	41 365 019,85р.	- 1 882 819,95р.	-4,35
6. Расходы на содержание и ремонт основных средств	335,41р.	40 316 522,40р.	318,45р.	38 675 752,50р.	- 1 640 769,90р.	-4,07
7. Расходы на освоение природных ресурсов	84,98р.	10 213 995,00р.	80,55р.	9 783 161,85р.	- 430 833,15р.	-4,22
8. Расходы на НИР и ОКР	166,25р.	19 983 730,80р.	172,92р.	21 001 134,00р.	1 017 403,20р.	5,09
9. Цеховые расходы	3 524,86р.	423 688 412,40р.	3 505,62р.	425 757 549,00р.	2 069 136,60р.	0,49
10. Общепроизводственные расходы	993,70р.	119 442 259,20р.	990,50р.	120 295 617,75р.	853 358,55р.	0,71
11. Прочие расходы	121,90р.	14 652 620,40р.	112,17р.	13 622 560,70р.	- 1 030 059,70р.	-7,03
12. Внереализационные расходы	64,28р.	7 726 936,80р.	61,33р.	7 448 528,50р.	- 278 408,30р.	-3,60
Итого постоянные расходы	7 105,16р.	854 040 712,80р.	7 030,83р.	853 893 939,15р.	- 146 773,65р.	-0,02
13. Полная себестоимость	13 456,54р.	1 617 475 979,96р.	13 302,30р.	1 615 564 335,00р.	- 1 911 644,96р.	-0,12

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
------	------	--------	-------	------

$P_{рн} = B - C$ (здесь B – выручка от реализации продукции (работ, услуг); C – затраты на производство и реализацию продукции (работ, услуг);

$P_{рмц}$ – прибыль от реализации иных материальных ценностей;

$$P = 15200 - 13\,302,30 = 1\,897,70 \text{ руб.}$$

$P_{во}$ – доходы от внереализационных операций, уменьшенные на сумму расходов по этим операциям.

Чистая прибыль определяется путем вычитания из балансовой прибыли налогов, отчислений, штрафов, и других первоочередных платежей.

Результаты расчета сведены в таблицу 7.7 (см. далее).

6.7 Расчет эффективности использования основных средств

Основные средства – это средства труда, которые неоднократно участвуют в производственном процессе, сохраняя при этом свою натуральную форму, а их стоимость переносится на производимую продукцию частями по мере снашивания. По принципу вещественно–натурального состава они подразделяются на: здания, сооружения, передаточные устройства, машины и оборудование (рабочие и силовые машины и оборудование, измерительные и регулирующие устройства), транспортные средства, инструмент.

Фондовооруженность труда (W) определяется (по проекту):

$$W = \frac{\Phi}{N} = 638\,436\,745,15 / 75 = 8\,512\,489,94 \text{ руб/чел,}$$

где Φ – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.;

N – среднегодовая численность ППП, чел.

Фондоотдача (Φ_o) (по проекту):

$$\Phi_o = \frac{V}{\Phi} = 1\,846\,040\,000,00 / 638\,436\,745,15 = 2,892 \text{ руб/руб,}$$

где V – стоимость произведенной за год продукции в натуральном или стоимостном выражении.

Рентабельность производства продукции (по проекту):

$$P_{пп} = \frac{P}{C_{п}}, = 230\,475\,665,00 / 1\,615\,564\,335,00 = 14,27\%,$$

где P – чистая или валовая прибыль; $C_{п}$ – себестоимость продукции.

6.9 Точка безубыточности

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:

$$ТБ = \frac{ПИ}{Ц_y - ПИ_y} = 853\,893\,939,15 / (15200 - 6271,5) = 95637,$$

где ПИ – постоянные издержки;

$Ц_y$ – удельная цена;

$ПИ_y$ – удельные переменные издержки.

К переменным издержкам относят те, общая сумма которых на годовой выпуск продукции изменяется. К ним относятся затраты на материальные и топливно–энергетические ресурсы, заработную плату основных рабочих – сдельщиков с отчислениями в соцстрах.

Постоянными (точнее условно–постоянными) называются расходы, общая сумма которых на годовой выпуск продукции не изменяется. К этим расходам относят все накладные расходы (не обусловленные технологическим процессом производства), расходы на подготовку и освоение производства, заработная плата с начислениями основных рабочих–повременщиков.

Результаты расчета по определению точки безубыточности представлены на рисунке 6.1.

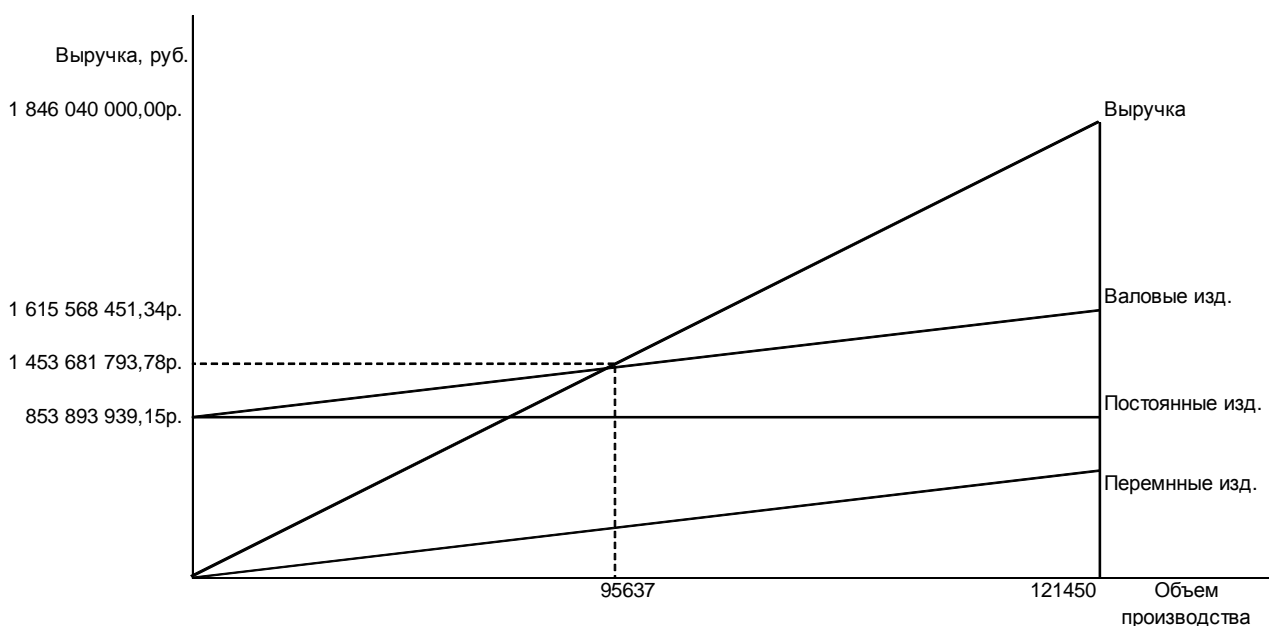


Рисунок 6.1 – Определение точки безубыточности

Заключение

В данном дипломном проекте был спроектирован абсорбер, применяемый в производстве азотной кислоты.

В разделе, посвященном обзору и анализу состояния вопроса, выполнен краткий анализ существующих схем производства азотной кислоты и приведены конструкции типовых абсорберов аппаратов, используемых на производстве. На основании анализа выбрана технологическая схема и аппарат, в котором выполняется процесс поглощения оксида азота водой.

Технологический раздел посвящен детальному описанию выбранной схемы производства и абсорбера. Раздел содержит технологические расчеты по проектируемому аппарату и вспомогательному оборудованию. Определены геометрические размеры аппарата и его составных частей.

Расчетно-конструкторский раздел содержит описание конструкции аппарата и прочностной расчет его основных элементов: обечайки, фланцевого соединения, расчета на ветровую нагрузку.

Специальный раздел описывает выбранный способ монтажа и необходимые расчеты для безопасной установки оборудования на фундамент. Также приведены указания по безопасной эксплуатации оборудования и организации его ремонта.

Раздел, посвященный автоматизации оборудования, описывает используемые средства регулирования и контроля, применяемые в производстве для обеспечения эффективности процесса и его технологичности.

Безопасность и экологичность проекта подтверждается расчетами и указаниями соответствующего раздела. При соблюдении указанных требований гарантируется долговременная и безопасная работа колонны конденсации.

Организационно-экономический раздел содержит расчет величин, показывающих экономическую эффективность проекта.

Спроектированная колонна удовлетворяет техническому заданию и может быть использована в производстве азотной кислоты.

- охране труда./Под ред. В.С. Шевцова. – Пятигорск: «Спецпечать», 2002.
13. Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность технологических процессов производств (Охрана труда). – М.: Высш. шк., 2001. – 319 с.
14. Тимошенко Н.К., Сандрыкина О.С. Методические рекомендации по выполнению организационно-экономической части дипломного проекта по инженерным специальностям: 250200 «Химическая технология неорганических веществ» 170500 «машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» 180400 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». – Невинномысск: НТИ Сев Кав ГТУ, 2003. – 26 с.