

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности
и защита окружающей среды»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
по курсу «Процессы и аппараты защиты атмосферы»
для студентов направления 20.03.01
«Техносферная безопасность»
Очная и заочная формы обучения

Составитель: д.т.н., проф. Попова О.В.

Ростов-на-Дону
2023 г.

Курсовой проект по процессам и аппаратам защиты окружающей среды является завершающим этапом работы студентов над изучаемой дисциплиной и представляет собой первую большую инженерную работу. Он включает расчет одной из типовых установок очистки воздуха и ее графическое оформление.

Основная цель курсового проектирования заключается в закреплении и расширении теоретических знаний студентов, в приобретении ими навыков по решению инженерных задач. Выполнение данного курсового проекта служит базой для дипломных проектов по специальности.

Содержание пояснительной записки (ПЗ)

Основное содержание пояснительной записки определяется заданием на курсовой проект. Объем пояснительной записки должен быть не менее 30 страниц текста. Страницы записки нумеруются, включая страницы с рисунками и таблицами. На титульном листе номер страницы не указывается. Текст набирается шрифтом Times New Roman, размер 14 пт, межстрочный интервал 1,5. Заголовки – шрифт 14, 16, 18. **Выделение подчеркиванием не допускается.** Расстояние между заголовком и последующим текстом должно быть равно 10 мм, между заголовком и последней строкой текста – 15 мм.

Текст пояснительной записки разбивается на разделы. В оглавлении указываются номера страниц, соответствующие каждому разделу записки. Разделы и подразделы нумеруются арабскими цифрами и должны иметь краткие наименования.

Пояснительная записка должна быть оформлена в определенной последовательности. Вне зависимости от темы пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист;
- задание на проектирование;
- оглавление;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованной литературы.

Примеры оформления титульного листа и оглавления приведены в приложении.

Титульный лист является заглавным листом пояснительной записки курсового проекта (КП).

Задание на курсовой проект (по вариантам см. ниже). Задание подписывается будущим автором и руководителем КП. Его содержание зависит от темы КП.

Содержание включает перечень названий составных частей ПЗ с указанием номера страницы, с которой обозначенный раздел (пункт) начинается.

Пояснительная записка после задания на КП (с 4 или 5 стр.) оформляется по формам с надписями по ГОСТ 2.104-2006 (см. приложение): 4 (5) страница – по форме 2, далее – по форме 2а.

Введение. Здесь приводятся краткие сведения об отрасли, для которой разрабатывается КП; выделяется рассмотренное производство и его значимость в отрасли; конкретизируется та часть производства, которой непосредственно касается проект.

1. Анализ существующих технологии и оборудования в рассматриваемой области производства и задачи КП.

В этом разделе КП приводится описание существующего технологического процесса очистки газовых выбросов и участвующего в нем оборудования с выделением в конце этого описания недостатков и проблем, влияющих на условия их работы и воздействие на экосистему. Далее рассматриваются иные действующие технологии и оборудование аналогичного назначения по литературным источникам, указываются недостатки. Затем перечисляются решения, с помощью которых предлагается устранить все или некоторые из указанных выше недостатков и проблем. Эти предложения являются *задачами КП*, что и подчеркивается в конце раздела.

2. Описание технологической схемы и оборудования. Этот раздел имеет три подраздела:

2.1. Описание схемы производства.

2.2. Описание конструкций оборудования.

2.3. Описание работы оборудования.

В подразделе 2.1. рассматриваются технологические схемы различной степени разработки - структурные, функциональные, принципиальные. В любой из них описание составляется в следующем порядке:

- общий перечень операций (или процессов), реализующих рассматриваемую технологию;
- содержание и технологические режимы каждой из операций (процесса).

Описание должно сопровождаться ссылками на соответствующий чертеж графической части КП и указанием обозначения аппаратов, машин и прочих устройств, приведенных на схеме.

В подразделе 2.2. описание оборудования описывается в следующем порядке:

- состав агрегата, установки, линии и т. д. в целом (с перечнем всех видов устройств, входящих в эти системы);
- виды аппаратов, машин, устройств, которые разрабатываются в КП; при этом описание строится по принципам от общего к частному, от большого к малому. При описании общего вида и сборочных единиц оборудования необходимо ссылаться на свои чертежи в графической части ДП, т. е. при упоминании в тексте элемента конструкции указать номер его позиции на соответствующем сборочном чертеже.

В подразделе 2.3. после освещения конструкции оборудования приводится описание его работы. В отдельных случаях конструкция и работа оборудования могут быть совмещены при описании. Окончательно этот вопрос решается самим автором КП и его руководителем.

При описании технологической схемы следует проанализировать различные ее варианты, позволяющие интенсифицировать основной процесс и повысить технико-экономические показатели. Необходимо также привести сравнительную характеристику аппаратов для его осуществления и обосновать выбор конструкции основного аппарата. Учитываются требования охраны окружающей среды.

Обоснованный окончательный вариант технологической схемы следует описать конкретно. Должна быть приведена принципиальная схема установки с указанием позиций (номеров аппаратов).

3. Расчетная часть. Расчеты в записке должны сопровождаться пояснениями. Все расчетные формулы приводятся сначала в общем виде, нумеруются, затем дается наименование обозначений и указываются размерности всех входящих в формулу величин. Численные значения величин в формулу подставляют в том порядке, в каком они в ней записаны, и приводят результат расчета. Все расчеты должны быть выполнены в международной системе единиц СИ.

Рисунки и формулы рекомендуется нумеровать последовательно в пределах всего раздела, а не каждого из его подразделов и пунктов.

В технологических расчетах определяются основные размеры аппаратов (диаметра, высоты, поверхности теплопередачи и т.д.). На основании анализа литературных данных и рекомендаций выбирается методика расчета размеров аппаратов. Кроме основных аппаратов в установку входит вспомогательное оборудование: насосы, вентиляторы, газодувки, вакуум-насосы и т.п. Вспомогательное оборудование подбирают по нормальям, каталогам или ГОСТам с учетом конкретных условий его работы.

Закончив расчетную часть проекта, студент в **заключении** излагает основные конкретные результаты выполненной работы *в соответствии с задачами КП (см. содержание части 1)* и дает анализ полученных результатов.

Содержит основные выводы о выполненных в КП разработках, где решения, принятые в проекте, их техническая целесообразность и достоинства. Отмечается, что удалось определить в расчетной части, каковы основные экологические показатели разработок.

В **списке литературы** перечисляются лишь те источники, которыми пользовался студент. Сведения о литературном источнике должны включать: полное название, фамилию и инициалы автора, место издания, наименование издательства, год издания, число страниц. Все использованные источники приводятся в списке в порядке упоминания их в тексте и записывают следующим образом:

1. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Абсорбция газов: учебное пособие / В.И. Сосновский, Н.Б. Сосновская, С.В. Степанова. - Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. 116 с.

2. Рамм В.М. Абсорбция газов – М.: Химия, 1976, 655 с.

Пояснительная записка должна быть снабжена необходимыми графиками, схемами, эскизами. Все иллюстрации именуются рисунками. Рисунок нумеруют и располагают после ссылки на него. Все рисунки должны быть однотипными и иметь подрисуночные подписи.

В тексте записки указываются ссылки на использованную литературу для эмпирических формул, физических констант и других справочных данных. Ссылки на литературные источники дают в квадратных скобках, указывая номер данного источника в списке литературы.

Графическая часть курсового проекта

Графическая часть проекта состоит из технологической схемы и чертежа основного аппарата: 3 листа формата А1 (594×841) в соответствии с ГОСТ 2.120-73. Оформление графической части проекта должно соответствовать требованиям ЕСКД, предъявляемым к выполнению технического проекта.

На технологической схеме (лист 1) должны быть показаны основные аппараты, из которых состоит установка, и соединяющие их трубопроводы. Схема должна содержать упрощенное изображение аппаратов, входящих в установку, во взаимной технологической и монтажной связи между ними, и таблицы условных графических обозначений.

Все оборудование на схеме вычерчивается сплошными тонкими линиями толщиной 0,3-0,5 мм, а трубопроводы - сплошными основными линиями, т. е. в 2-3 раза толще (ГОСТ 2.104-2006), чем оборудование. При выполнении

технологической схемы применяют условные графические изображения. Аппаратам, показанным на схеме, как правило, присваивают буквенное обозначение, соответствующее начальной букве их наименований. Линии трубопроводов следует показывать горизонтально и вертикально, параллельно линиям рамки формата. Условные изображения и обозначения трубопроводов, принятые на схеме, должны быть расшифрованы в таблице условных обозначений. На технологической схеме могут быть показаны приборы и средства автоматизации, условные изображения которых определяет ГОСТ 21.404-85. Обозначения условные в схемах автоматизации технологических процессов.

Технологическая схема выполняется без соблюдения масштаба на листе формата А1 (594×841). Действительное пространственное расположение аппаратов можно не учитывать. Собственно схема размещается с левой стороны на большей части поля листа. В правом нижнем углу располагают основную надпись (штамп) по ГОСТ 2.104-2006. Над основной надписью (на расстоянии не менее 12 мм) располагают таблицы с перечнем составных частей и элементов схемы.

Чертеж общего вида основного аппарата, указанного в задании (лист 2), выполняется на листе формата А1 (594×841) в соответствии с ГОСТ 2.120-73. На чертеже должны быть даны главный вид аппарата в сечении по вертикальной оси, вид сверху, разрезы и сечения, дающие полное представление об устройстве данного аппарата, а также основные узлы, которые на главном виде не удастся изобразить четко. Масштаб, в котором вычерчивают аппарат и узлы, выбирают по ГОСТ 2.302-68. Главный вид аппарата вычерчивают только в рабочем положении и располагают его вдоль большей стороны листа. На остальной части листа располагают другие виды, сечения, разрезы. Рекомендуются общий вид аппарата вычерчивать в наибольшем из масштабов с применением при необходимости разрыва изображения. Основные виды вычерчивают в одинаковом масштабе. Основная надпись (штамп) располагают на листе в правом нижнем углу по отношению к рабочему положению аппарата в соответствии с ГОСТ 2.104-2006. Над основной надписью помещают таблицу составных частей аппарата, технические требования, предъявляемые к изготовлению и испытанию аппарата, техническую характеристику аппарата. На чертеже общего вида проставляются размеры: конструктивные, установочные, присоединительные.

На листе 3 изображается схема расположения аппарата и оборудования на предприятии (например). Допускается использовать формат А2.

Задания для курсового проекта по дисциплине
«Процессы и аппараты защиты атмосферы»
Варианты КП выбираются согласно порядковому номеру в списке группы

Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Провести выбор средств защиты окружающей среды от загрязнений промышленного предприятия (цеха). Рассмотреть и сравнить все возможные альтернативные средства защиты.
2. Описать методы и процессы, лежащие в основе очистки отходящих газов от загрязняющих веществ до требуемых концентраций C_i .
3. Описать устройство и принцип действия аппаратов, установок, систем и схем технологических процессов очистки отходящих газов.
4. Оценить эффективность очистки по каждому загрязняющему веществу и необходимость введения многостадийной очистки.

Вариант 1

Спроектировать насадочный абсорбер и технологическую схему установки для очистки воздуха от паров соляной кислоты.

Исходные данные на проектирование:

Поглотитель – вода; количество очищаемой газо-воздушной смеси $G_{гв} = 0.1512$ кмоль/сек ($V_{гв} = 12000$ м³/час при 0 °С и атмосферном давлении); температура воды $t = 60$ °С; давление $p = 9,8 \cdot 10^4$ Па; начальное содержание паров соляной кислоты в воздухе $y_n = 0,24$ кмоль HCL/ кмоль смеси ($Y_n = 0,316$ кмоль HCL/ кмоль воздуха); степень извлечения HCL из воздуха 95 %. Содержание HCL в воде на входе в абсорбер $x_n = 0$ и концентрация получаемой соляной кислоты $X_k = 0,161$ кмоль HCL/ кмоль воды ($x_k = 28\%$ вес.); Плотность и вязкость газа принять равной вязкости воздуха при рабочих условиях процесса. Число единиц переноса $N_y = 4,2$. Объемный коэффициент массопередачи при поглощении хлористого водорода $K_{yv} = 0,0438$ кмоль*м³*сек⁻¹.

Насадка: керамические седла Рашига размеров 50×50×5 мм³. (в навал).

Расчет абсорбера провести на основе единиц переноса.

Вариант 2

Спроектировать адсорбер периодического действия и технологическую схему для улавливания паров бутилацетата (БА) из воздуха активным углем при следующих условиях.

Исходные данные на проектирование:

Расход парогазовой смеси $V_0 = 30000 \text{ м}^3/\text{ч}$; температура смеси $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление атмосферное $P = 0,101 \text{ МПа}$; начальная концентрация БА в воздухе $y_n = 0,0082 \text{ кг/м}^3$; допустимая концентрация БА за слоем адсорбента $y_k = 0,0004 \text{ кг/м}^3$. Плотность газовой смеси $\rho_r = 1,2 \text{ кг/м}^3$; вязкость газовой смеси $\mu_r = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$; коэффициент диффузии БА в газовой фазе при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ $D_0 = 5,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Адсорбент активный уголь AP-A (насыпная плотность $\rho_n = 550 \text{ кг/м}^3$, порозность $\varepsilon = 0,375$, эквивалентный диаметр $d_3 = 0,0013 \text{ м}$).

Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента $D_{\text{нар}} = 3 \text{ м}$, внутренний диаметр $D_{\text{вн}} = 1,6 \text{ м}$).

Вариант 3

Спроектировать насадочный абсорбер и технологическую схему установки для очистки воздуха от двуокиси углерода CO_2 .

Исходные данные на проектирование:

Поглотитель – вода с температурой $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; удельный расход поглотителя $l = 120 \text{ кг/кг}$; расход газовой смеси на входе $G_{\text{см}} = 905 \text{ кмоль/сек}$ ($V_{\text{см}} = 20000 \text{ м}^3/\text{час}$ при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении); начальное содержание двуокиси углерода в воздухе $v_n = 30,2 \text{ об. \%}$; содержание CO_2 в воде на входе в абсорбер $x_n = 0$ и на выходе из него $x_k = 0.0021$ в мольных долях; рабочее давление $p = 1,6 \text{ МПа}$; степень извлечения CO_2 из воздуха 95 \% . Средняя молекулярная масса поступающего газа $M_r = 20,5 \text{ кг/кмоль}$, вязкость газа при рабочих условиях $\mu = 1,37 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{сек}$. Вязкость воды при 25°C $\mu_{\text{ж}} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{сек}$. Насадка: керамические кольца Рашига размеров $50 \times 50 \times 5 \text{ мм}^3$. Коэффициент запаса для высоты насадки принять $1,5$.

Расчет абсорбера провести на основе единиц переноса.

Вариант 4

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров метилового спирта (метанола) из воздуха при следующих условиях.

Исходные данные на проектирование:

Расход смеси $V = 2500 \text{ м}^3/\text{ч}$; температура паровоздушной смеси $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление $P = 0,101 \text{ МПа}$; начальная концентрация метанола в газовой смеси $y_n = 0,003 \text{ кг/м}^3$; концентрация метанола в газе на выходе из адсорбера $y_k = 0,05 \text{ кг/м}^3$; скорость газа, отнесенная к сечению

аппарата $w_T = 0,3$ м/с. Адсорбент – активный уголь АГ-3 (эквивалентный диаметр гранул $d_s = 2$ мм, порозность слоя адсорбента $\varepsilon = 0,375$). Тип аппарата – вертикальный адсорбер.

Вариант 5

Спроектировать насадочный абсорбер и технологическую схему установки для улавливания аммиака из газовой смеси с воздухом

Исходные данные на проектирование:

Поглотитель - вода; количество очищаемого газа $V_G = 15000 \text{ м}^3/\text{час}$; абсолютное давление $P = 9,8 \cdot 10^4$ Па; удельный расход поглотителя $l = 1,25$ кг/кг; температура воды $t = 5^\circ\text{C}$; начальное содержание аммиака в воздухе $v_n = 7,5$ об.%; содержание аммиака в воздухе на выходе $v_k = 0,25$ об.%; содержание аммиака в воде, поступающей на абсорбцию $x_n = 0,1$ масс.%. Насадка: керамические кольца Рашига размером $35 \times 35 \times 4$ мм (с неупорядоченным размещением).

Расчет абсорбера провести на основе единиц переноса.

Вариант 6

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров ацетона из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Объем парогазовой смеси $V_0 = 6000 \text{ м}^3/\text{час}$ (при нормальных условиях); температура адсорбции $t = 20^\circ\text{C}$; давление $P = 0,2$ МПа; начальная концентрация паров ацетона $y_n = 0,035$ кг/м³; степень улавливания ацетона $\eta = 99,5$ %; приведенная скорость парогазовой смеси $w_T = 0,25$ м/с. Начальное содержание ацетона в адсорбенте $x_n = 0$. Молярная масса воздуха $M_B = 29$ кг/моль; плотность парогазовой смеси $\rho_T = 1,2$ кг/м³; динамическая вязкость газа $\mu_T = 1,8 \cdot 10^{-5}$ Па.с. Адсорбент – активированный уголь АР-Б (эквивалентный диаметр $d_s = 0,0015$ м, порозность слоя $\varepsilon = 0,3$, насыпная плотность адсорбента $\rho_n = 580$ кг/м³). Тип аппарата – вертикальный адсорбер. Координаты точек изотермы адсорбции бензола активным углем АР-Б:

X, кг/кг адсорбента	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,235
$Y^* \cdot 10^3$, кг/кг воздуха	0	1,65	2,37	3,54	7,1	15,7

Вариант 7

Спроектировать насадочный абсорбер и технологическую схему установки для очистки воздуха от паров спирта.

Исходные данные на проектирование:

Количество очищаемой паро-воздушной смеси $G_{гв} = 1350$ кг/час; начальное содержание спирта в воздухе $y_n = 0,7$ % (массовое содержание); содержание спирта в воздухе на выходе из абсорбера $с_k = 1$ г/м³; абсорбент – вода с концентрацией паров спирта на выходе из абсорбера $x_k = 2,5$ % масс; начальная концентрация паров спирта в поступающей воде $x_n = 0$. Давление в абсорбере $p = 0,1$ МПа; температура воды $t = 20$ °С; плотность газа $\rho = 1,84$ кг/м³; Коэффициент диффузии паров спирта в газе при 20 °С $D_r = 0,748 \cdot 10^{-5}$ м²/сек.

Насадка: керамические седла Рашига размеров 35х35х4 мм. (в навал).

Данные о равновесных концентрациях спирта в воде и газе следующие:

Содержание спирта в растворе x . % масс.	Содержание спирта в газе y . % масс.
1	0,103
3	0,315
5	0,497
7	0,707
10	0,928

Расчет абсорбера провести на основе единиц переноса.

Вариант 8

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров ацетона из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Расход парогазовой смеси $V_0 = 50000$ м³/ч (при нормальных условиях); температура смеси $t = 20$ °С; давление $P = 0,2$ МПа; начальная концентрация ацетона в воздухе $y_n = 0,008$ кг/м³; допустимая концентрация ацетона за слоем адсорбента $y_k = 0,0004$ кг/м³. Плотность газовой смеси $\rho_r = 1,2$ кг/м³ (при нормальных условиях); вязкость газовой смеси $\mu_r = 2,5 \cdot 10^{-5}$ Па.с.

Адсорбент активный уголь AP-A (насыпная плотность $\rho_n = 550 \text{ кг/м}^3$, порозность $\varepsilon = 0,375$, эквивалентный диаметр $d_3 = 0,0015 \text{ м}$). Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента $D_{\text{нар}} = 3 \text{ м}$, внутренний диаметр $D_{\text{вн}} = 1,6 \text{ м}$.)

Вариант 9

Спроектировать насадочный абсорбер и технологическую схему установки для поглощения паров ацетона из воздуха.

Исходные данные на проектирование:

Паро-воздушная смесь содержит $v_n = 6 \text{ %}$ (об.) ацетона; количество чистого воздуха в этой смеси $V_v = 1400 \text{ м}^3/\text{сек}$ (при нормальных условиях); Поглотитель – вода, количество орошаемой воды $L = 3000 \text{ кг/час}$ с содержанием ацетона $X_n = 0$; степень улавливания ацетона $\eta = 98,5\%$. Скорость газа на 25 % меньше скорости захлебывания. Уравнение линии равновесия Y^* (кмоль/кмоль газа) $= 1,68 X$ (кмоль/ кмоль воды);

Насадка: керамические кольца Рашига размеров $25 \times 25 \times 3 \text{ мм}^3$. (в навал).

Расчет абсорбера провести на основе единиц переноса.

Вариант 10

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров муравьиной кислоты из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Объем парогазовой смеси $V_0 = 6000 \text{ м}^3/\text{час}$ (при нормальных условиях); температура адсорбции $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление $P = 0,2 \text{ МПа}$; начальная концентрация паров муравьиной кислоты $y_n = 0,015 \text{ кг/м}^3$; степень улавливания муравьиной кислоты $\eta = 99,5 \text{ %}$; приведенная скорость парогазовой смеси $w_r = 0,25 \text{ м/с}$. Начальное содержание муравьиной кислоты в адсорбенте $X_n = 0$. Молярная масса воздуха $M_v = 29 \text{ кг/моль}$; плотность парогазовой смеси $\rho_r = 1,2 \text{ кг/м}^3$; динамическая вязкость газа $\mu_r = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Па.с}$. Адсорбент активный уголь АГ-3 (эквивалентный диаметр гранул $d_3 = 2 \text{ мм}$, порозность слоя адсорбента $\varepsilon = 0,375$). Тип аппарата – вертикальный адсорбер.

Вариант 11

Спроектировать насадочный абсорбер и технологическую схему установки для очистки воздуха от двуокиси серы SO_2 .

Исходные данные на проектирование:

Поглотитель – вода; количество очищаемой газо-воздушной смеси $G_{\text{ГВ}} = 1,5$ кг/сек; давление $p = 9,8 \cdot 10^4$ Па; температура воды $t = 20$ °С; начальное содержание двуокиси серы в воздухе $v_{\text{H}} = 40$ об. %; содержание SO_2 в воде на входе в абсорбер $x_{\text{H}} = 0$ и на выходе из него $x_{\text{K}} = 5$ масс. %; степень извлечения SO_2 из воздуха 90 %. Насадка: керамические седла «Инталокс» размеров 50 мм. (с неупорядоченным размещением).

Данные о равновесных концентрациях SO_2 в воде и газе следующие:

\bar{X} (кг SO_2 /кг воды)	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
\bar{Y}^* (кг SO_2 /кг воздуха)	0,0625	0,134	0,292	0,481	0,695	0,966

Расчет абсорбера провести на основе единиц переноса.

Вариант 12

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров дихлорэтана из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Расход парогазовой смеси $V_0 = 50000$ м³/ч (при нормальных условиях); температура смеси $t = 20$ °С; давление $P = 0,2$ МПа; начальная концентрация дихлорэтана в воздухе $y_{\text{H}} = 0,008$ кг/м³; допустимая концентрация дихлорэтана за слоем адсорбента $y_{\text{K}} = 0,0004$ кг/м³.

Плотность газовой смеси $\rho_{\text{Г}} = 1,2$ кг/м³ (при нормальных условиях); вязкость газовой смеси $\mu_{\text{Г}} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ Па.с. Адсорбент активный уголь AP-A (насыпная плотность $\rho_{\text{H}} = 550$ кг/м³, порозность $\varepsilon = 0,375$, эквивалентный диаметр $d_{\text{э}} = 0,0015$ м).

Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента $D_{\text{нар}} = 3$ м, внутренний диаметр $D_{\text{вн}} = 1,6$ м).

Вариант 13

Провести расчет и выбрать параметры пенного скруббера для отходящих газов.

Исходные данные на проектирование:

Аппарат прямоугольного сечения ($3\text{ м} \times 2\text{ м}$). Расход отходящего газа $V = 32\,000\text{ м}^3/\text{час}$, Запыленность газа на входе в аппарат $c_{\text{вх}} = 0,01\text{ кг}/\text{м}^3$, степень очистки $\eta = 0,99$; скорость газа $w_{\text{г}} = 2,7\text{ м}/\text{сек}$; объем воды, необходимый для образования суспензии (утечка воды) $L_{\text{ут}} = \kappa V/100$, где $\kappa = 0,6 \div 0,84$, $n = 1,5$ – коэффициент запаса; Количество сливной воды $L_{\text{слив}} = i \cdot b$, где $i = 1\text{ м}^3/(\text{м} \cdot \text{ч})$ – интенсивность потока, $b = 2\text{ м}$ – ширина решетки; общий расход воды $L = L_{\text{ут}} + L_{\text{слив}}$; скорость газа в отверстиях решетки $w_0 = 10\text{ м}/\text{сек}$; высота слоя воды на решетке $h_0 = (H/0,8 w_{\text{г}})^{1/0,6}$, где $H = K_{\text{п}} - 1,95 w_{\text{г}} + 0,09$ – высота слоя пены, а $K_{\text{п}} = 2 \eta w_{\text{г}}/(2 - \eta)$ – коэффициент скорости пылеулавливания; высота порога воды на сливе решетки $h_{\text{п}} = 2,5h_0 - 7,5 \sqrt[3]{i^2}$

Вариант 14

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров сероуглерода из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Объем парогазовой смеси $V_0 = 6000\text{ м}^3/\text{час}$ (при нормальных условиях); температура адсорбции $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$; давление $P = 0,2\text{ МПа}$; начальная концентрация паров сероуглерода $y_{\text{н}} = 0,015\text{ кг}/\text{м}^3$; степень улавливания сероуглерода $\eta = 99,5\%$; приведенная скорость парогазовой смеси $w_{\text{г}} = 0,25\text{ м}/\text{с}$. Начальное содержание сероуглерода в адсорбенте $X_{\text{н}} = 0$. Мольная масса воздуха $M_{\text{в}} = 29\text{ кг}/\text{моль}$; плотность парогазовой смеси $\rho_{\text{г}} = 1,2\text{ кг}/\text{м}^3$; динамическая вязкость газа $\mu_{\text{г}} = 1,8 \cdot 10^{-5}\text{ Па} \cdot \text{с}$. Адсорбент – активированный уголь СКТ (эквивалентный диаметр $d_{\text{э}} = 0,0015\text{ м}$, порозность слоя $\varepsilon = 0,3$, насыпная плотность адсорбента $\rho_{\text{н}} = 580\text{ кг}/\text{м}^3$). Тип аппарата – вертикальный адсорбер.

Вариант 15

Спроектировать тарельчатый абсорбер с клапанными тарелками и схему абсорбционной установки для улавливания двуокиси углерода по следующим исходным данным.

Исходные данные на проектирование:

Из газовой смеси объемом $V_{\text{с}} = 5000\text{ м}^3/\text{ч}$ (при атмосферном давлении) поглощается двуокись углерода CO_2 . Давление в скруббере $P_{\text{абс}} = 1,6\text{ МПа}$, температура $15\text{ }^\circ\text{C}$. Абсорбент – чистая вода в количестве $VL = 650\text{ м}^3/\text{ч}$. Начальное содержание CO_2 в газе $v_{\text{н}} = 28,4\text{ об. \%}$, конечное (вверху скруббера) $v_{\text{к}} = 0,2\text{ об. \%}$. Плотность CO_2 при нормальных условиях $c_{\text{CO}_2} = 1,976\text{ кг}/\text{м}^3$; мольная масса CO_2 $M_{\text{CO}_2} = 44\text{ кг}/\text{кмоль}$. Коэффициент Генри при $15\text{ }^\circ\text{C}$ $E = 0,93 \cdot 10^{-6}\text{ мм рт.ст.}$

Расчет абсорбера провести по основному уравнению массопередачи.

Вариант 16

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров толуола из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Объем парогазовой смеси $V_0 = 6000 \text{ м}^3/\text{час}$ (при нормальных условиях); температура адсорбции $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление $P = 0,2 \text{ МПа}$; начальная концентрация паров толуола $y_n = 0,015 \text{ кг/м}^3$; степень улавливания толуола $\eta = 99,5 \%$; приведенная скорость парогазовой смеси $w_r = 0,25 \text{ м/с}$. Начальное содержание толуола в адсорбенте $X_n = 0$. Молярная масса воздуха $M_v = 29 \text{ кг/моль}$; плотность парогазовой смеси $\rho_r = 1,2 \text{ кг/м}^3$; динамическая вязкость газа $\mu_r = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Адсорбент – активированный уголь АР-Б (эквивалентный диаметр $d_s = 0,0015 \text{ м}$, порозность слоя $\varepsilon = 0,3$, насыпная плотность адсорбента $\rho_n = 580 \text{ кг/м}^3$). Тип аппарата – вертикальный адсорбер. Координаты точек изотермы адсорбции бензола активным углем АР-Б:

$X, \text{ кг/кг адсорбента}$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,235
$Y \cdot 10^3, \text{ кг/кг воздуха}$	0	1,65	2,37	3,54	7,1	15,7

Вариант 17

Спроектировать тарельчатый абсорбер с клапанными тарелками и схему абсорбционной установки для улавливания двуокиси серы по следующим исходным данным.

Исходные данные на проектирование:

В абсорбер поступает газовая смесь в количестве $G_c = 1,8 \text{ кг/с}$ с концентрацией диоксида серы $\text{SO}_2 y_n = 12 \%$ (масс. содержание). Концентрация газа на выходе $y_k = 0,2 \%$ (масс.). Концентрация SO_2 в воде на входе в аппарат $x_n = 0$, на выходе из аппарата $x_k = 0,5 \%$ (масс.). Температура адсорбции $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Плотность газов при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_g = 1,3 \text{ кг/м}^3$. Динамическая вязкость газа при рабочих условиях $\mu_r = 19,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$, вязкость воды при $40 \text{ }^\circ\text{C}$ $\mu_{\text{ж}} = 0,656 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Коэффициент диффузии SO_2 в воде при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ $D_{\text{ж}} = 1,47 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$.

Равновесное содержание SO_2 в водном растворе и газе при температуре $40 \text{ }^\circ\text{C}$:

Массовое содержание SO ₂ в газе, у, %	1	2	4	6	8	10	12	14	100
Насыщенность воды SO ₂ , х, %	0,07	0,14	0,25	0,33	0,5	0,63	0,77	0,88	5,7

Расчет абсорбера провести с использованием основного уравнения массопередачи.

Вариант 18

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров хлороформа из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Расход парогазовой смеси $V_0 = 45000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при нормальных условиях); температура смеси $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление $P = 0,2 \text{ МПа}$; начальная концентрация хлороформа в воздухе $y_n = 0,008 \text{ кг/м}^3$; допустимая концентрация хлороформа за слоем адсорбента $y_k = 0,0004 \text{ кг/м}^3$. Плотность газовой смеси $\rho_r = 1,2 \text{ кг/м}^3$ (при нормальных условиях); вязкость газовой смеси $\mu_r = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Адсорбент активный уголь AP-A (насыпная плотность $\rho_n = 550 \text{ кг/м}^3$, порозность $\varepsilon = 0,375$, эквивалентный диаметр $d_s = 0,0015 \text{ м}$). Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента $D_{\text{нар}} = 3 \text{ м}$, внутренний диаметр $D_{\text{вн}} = 1,6 \text{ м}$).

Вариант 19

Провести расчет и выбрать параметры пенного скруббера для отходящих газов.

Исходные данные на проектирование:

Аппарат прямоугольного сечения ($3 \text{ м} \times 2 \text{ м}$). Расход отходящего газа $V = 32\,000 \text{ м}^3/\text{час}$, Запыленность газа на входе в аппарат $c_{\text{вх}} = 0,01 \text{ кг/м}^3$, степень очистки $\eta = 0,99$; скорость газа $w_r = 2,7 \text{ м/сек}$; объем воды, необходимый для образования суспензии (утечка воды) $L_{\text{ут}} = \kappa V / 100$, где $\kappa = 0,6 \div 0,84$, $n = 1,5$ – коэффициент запаса; Количество сливной воды $L_{\text{слив}} = i \cdot b$, где $i = 1 \text{ м}^3/(\text{м}\cdot\text{ч})$ – интенсивность потока, $b = 2 \text{ м}$ – ширина решетки; общий расход воды $L = L_{\text{ут}} + L_{\text{слив}}$; скорость газа в отверстиях решетки $w_o = 10 \text{ м/сек}$; высота слоя воды на решетке $h_o = (H / 0,8 w_r)^{1/0,6}$, где $H = K_{\text{п}} - 1,95 w_r + 0,09$ – высота слоя пены, а $K_{\text{п}} = 2 \eta w_r / (2 - \eta)$ – коэффициент скорости пылеулавливания; высота порога воды на сливе решетки $h_{\text{п}} = 2,5 h_o - 7,5 \sqrt[3]{i^2}$.

Вариант 20

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров хлороформа из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Объем парогазовой смеси $V_0 = 6000 \text{ м}^3/\text{час}$ (при нормальных условиях); температура адсорбции $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление $P = 0,2 \text{ МПа}$; начальная концентрация паров хлороформа $u_n = 0,015 \text{ кг/м}^3$; степень улавливания хлороформа $\eta = 99,5 \%$; приведенная скорость парогазовой смеси $w_T = 0,25 \text{ м/с}$. Начальное содержание хлороформа в адсорбенте $X_n = 0$. Молярная масса воздуха $M_v = 29 \text{ кг/моль}$; плотность парогазовой смеси $\rho_g = 1,2 \text{ кг/м}^3$; динамическая вязкость газа $\mu_g = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Адсорбент – активированный уголь АР-Б (эквивалентный диаметр $d_{\text{э}} = 0,0015 \text{ м}$, порозность слоя $\varepsilon = 0,3$, насыпная плотность адсорбента $\rho_n = 580 \text{ кг/м}^3$). Тип аппарата – вертикальный адсорбер. Координаты точек изотермы адсорбции бензола активным углем АР-Б:

$X, \text{ кг/кг адсорбентата}$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,235
$Y^* \cdot 10^3, \text{ кг/кг воздуха}$	0	1,65	2,37	3,54	7,1	15,7

Вариант 21

Спроектировать тарельчатый скруббер с решетчатыми (провальными) тарелками и схему абсорбционной установки для поглощения паров ацетона из воздуха

Исходные данные на проектирование:

Паровоздушная смесь содержит $v_n = 6\%(\text{об.})$ ацетона, чистого воздуха-носителя в этой смеси содержится $V_v = 5600 \text{ м}^3/\text{час}$; абсолютное давление $P = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$; в скруббере улавливается 98,5% ацетона. Поглотитель – вода, количество орошающей воды $L = 10000 \text{ кг/час}$ с содержанием ацетона $x_n = 0$, температура воды $t = 20^\circ\text{C}$. Уравнение линии равновесия $Y^* = 1,68 \cdot X$.

Расчет абсорбера провести по основному уравнению массопередачи.

Вариант 22

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров этилового спирта из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Расход парогазовой смеси $V_0 = 60000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при нормальных условиях); температура смеси $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление $P = 0,2 \text{ МПа}$; начальная концентрация этилового спирта в воздухе $y_n = 0,008 \text{ кг/м}^3$; допустимая концентрация паров спирта за слоем адсорбента $y_k = 0,0004 \text{ кг/м}^3$. Плотность газовой смеси $\rho_r = 1,2 \text{ кг/м}^3$ (при нормальных условиях); вязкость газовой смеси $\mu_r = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Адсорбент активный уголь AP-A (насыпная плотность $\rho_n = 550 \text{ кг/м}^3$, порозность $\varepsilon = 0,375$, эквивалентный диаметр $d_3 = 0,0015 \text{ м}$). Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента $D_{\text{нар}} = 3 \text{ м}$, внутренний диаметр $D_{\text{вн}} = 1,6 \text{ м}$).

Вариант 23

Гидравлический расчет колпачковой тарелки.

Исходные данные: нагрузки по жидкости $L = 5,67 \text{ кг/с}$; нагрузка по газу $G = 4,96 \text{ кг/с}$; плотность жидкости $\rho_x = 980 \text{ кг/м}^3$, плотность газа $\rho_y = 1,35 \text{ кг/м}^3$; поверхностное натяжение $a = 21 \text{ мН/м}$, коэффициент снижения нагрузки $K3 = 0,8$; коэффициент увеличения нагрузки $K4 = 2,6$; коэффициент вспениваемости $K5 = 0,9$; допустимое гидравлическое сопротивление $\Delta P = 0,45 \text{ МПа}$. Разделяемая смесь содержит механические примеси, некоррозионна.

Величину исходной глубины барботажа примем $h_b = 0,04 \text{ м}$. Расстояние между тарелками примем $H = 0,5 \text{ м}$.

Вариант 24

Спроектировать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента и технологическую схему для улавливания паров четыреххлористого углерода (CCl_4) из воздуха при следующих условиях:

Исходные данные на проектирование:

Расход парогазовой смеси $V_0 = 55000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при нормальных условиях); температура смеси $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; давление $P = 0,2 \text{ МПа}$; начальная концентрация четыреххлористого углерода в воздухе $y_n = 0,008 \text{ кг/м}^3$; допустимая концентрация паров четыреххлористого углерода за слоем адсорбента $y_k = 0,0004 \text{ кг/м}^3$. Плотность газовой смеси $\rho_r = 1,2 \text{ кг/м}^3$ (при нормальных условиях); вязкость газовой смеси $\mu_r = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Адсорбент активный уголь AP-A (насыпная плотность $\rho_n = 550 \text{ кг/м}^3$, порозность $\varepsilon = 0,375$, эквивалентный диаметр $d_3 = 0,0015 \text{ м}$). Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента $D_{\text{нар}} = 3 \text{ м}$, внутренний диаметр $D_{\text{вн}} = 1,6 \text{ м}$).

Рекомендуемая литература

Основная:

1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды, - М.: Высшая школа, 2008. 621 с. <https://grusbook.xyz/download/protsessyi-i-apparatyi-zaschit#form>
2. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты газоочистки. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2006. - 201 с.
<https://echemistry.ru/assets/files/books/ekologiya/vetoshkin-a.g.-processy-i-apparaty-gazoochistki.-2006.pdf>

Дополнительная:

3. Родионов А.И., Кузнецов Ю.П., Зенков В.В. Оборудование, сооружения, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов – М.: Химия, 1985, 352 с.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. –Л.: Химия, 1987 – 576 с.
5. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочное 2-ое издание, 3 т. – Калуга: Издательство Бочкаревой, 2002.
6. Родионов А.И. Защита биосферы от промышленных выбросов: Основы проектирования технологических процессов. М.: КолосС, Химия, 2007, 386с.
7. Вальдберг А.Ю., Николайкина Н.Е. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Защита атмосферы. – М.: Дрофа, 2008, 240с.
8. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Абсорбция газов: учебное пособие / В.И. Сосновский, Н.Б. Сосновская, С.В. Степанова. - Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. 116 с.
9. Рамм В.М. Абсорбция газов – М.: Химия, 1976, 655 с.
10. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. – Л.: Химия, 1982, 592с.

Нормативно-техническая литература

Каталоги

1. Колонные аппараты: Каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1978. – 31с.
2. Выпарные аппараты вертикальные трубчатые общего назначения: Каталог УКРНИИхиммаша. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1979. – 38с.
3. Вакуумные насосы: Каталог-справочник. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1970. – 63с.
4. Сушильные аппараты и установки: Каталог НИИхиммаша. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1975. – 64с.
5. Стандартные кожухотрубные теплообменные аппараты общего назначения. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1979. – 32с.
6. Пластинчатые теплообменные аппараты: Каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш,

1983. – 56с.

7. Центробежные компрессоры. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1979.

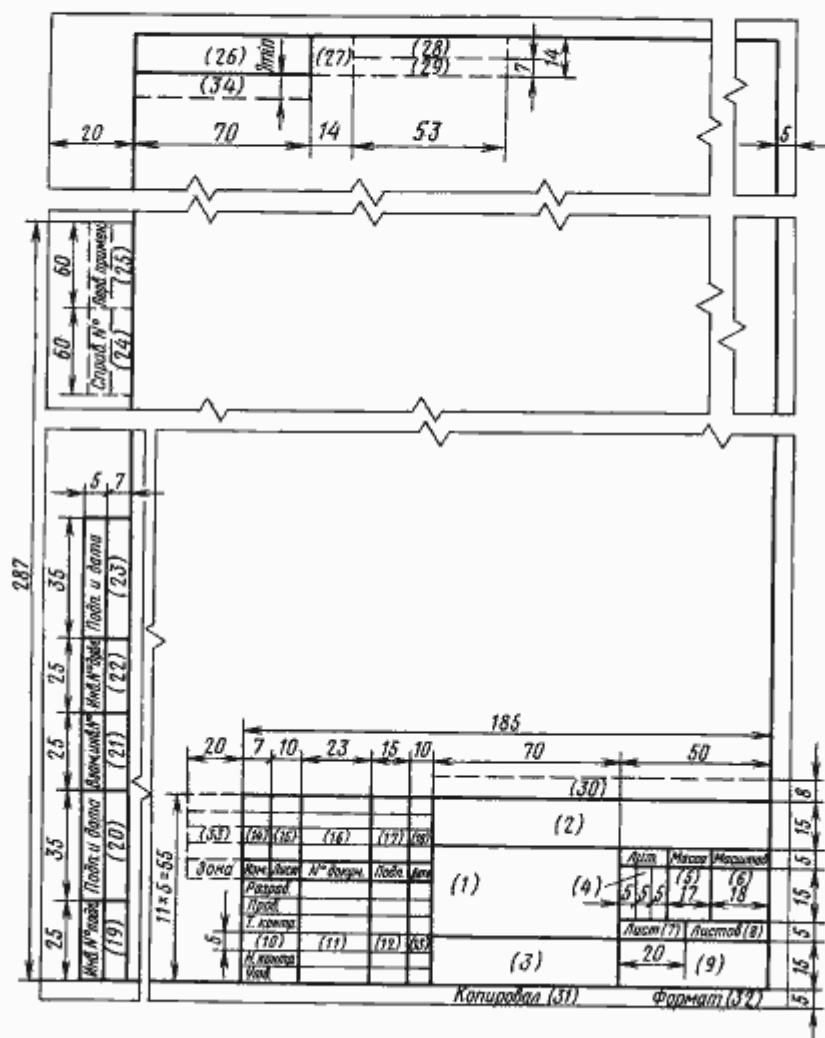
ГОСТы

1. ГОСТ 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
2. ГОСТ 4.125-84. Система показателей качества продукции (СПКП). Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Номенклатура основных показателей
3. ГОСТ 25199-82. Оборудование пылеулавливающее. Термины и определения.
4. ГОСТ 25757-83. Пылеуловители инерционные сухие. Типы и основные размеры.
5. ГОСТ 50820-95. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков.
6. ГОСТ Р 51562-2000. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Фильтры рукавные. пылеуловители мокрые

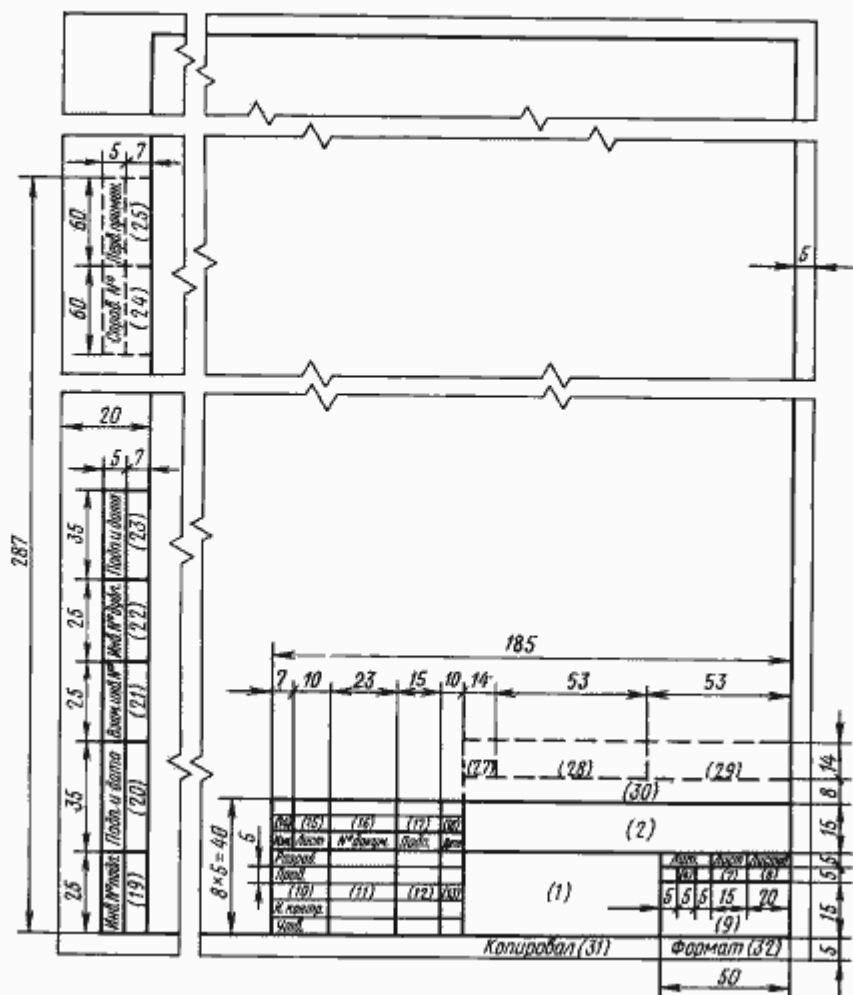
Основные надписи и дополнительные графы по ГОСТ 2.104 – 2006

Форма 1

Основная надпись и дополнительные графы для чертежей и схем



Основная надпись и дополнительные графы для текстовых конструкторских документов
(первый или заглавный лист)



Основная надпись и дополнительные графы для чертежей (схем)
и текстовых конструкторских документов (последующие листы)

The diagram illustrates the layout of the main title block and additional fields for drawings and technical documents. The layout is defined by the following dimensions and field numbers:

- Top Section:** A rectangular area with a width of 70 and a height of 1.6. It is labeled with the number (26).
- Left Section:** A vertical strip with a width of 20. It contains several fields with the following heights and labels:
 - Field (19): 25 high, labeled "Имя и фамилия (19)".
 - Field (20): 35 high, labeled "Имя и фамилия (20)".
 - Field (21): 25 high, labeled "Имя и фамилия (21)".
 - Field (22): 25 high, labeled "Имя и фамилия (22)".
 - Field (23): 35 high, labeled "Имя и фамилия (23)".
- Bottom Section:** A large rectangular area with a width of 185 and a height of 110. It contains several fields with the following widths and labels:
 - Field (14): 7 wide, labeled "Имя (14)".
 - Field (15): 10 wide, labeled "Имя (15)".
 - Field (16): 23 wide, labeled "Имя (16)".
 - Field (17): 15 wide, labeled "Имя (17)".
 - Field (18): 10 wide, labeled "Имя (18)".
 - Field (2): 110 wide, labeled "Имя (2)".
 - Field (31): 185 wide, labeled "Имя (31)".
 - Field (32): 110 wide, labeled "Имя (32)".

The diagram also shows various other dimensions and labels, such as 3x5=15, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 205, 210, 215, 220, 225, 230, 235, 240, 245, 250, 255, 260, 265, 270, 275, 280, 285, 290, 295, 300, 305, 310, 315, 320, 325, 330, 335, 340, 345, 350, 355, 360, 365, 370, 375, 380, 385, 390, 395, 400, 405, 410, 415, 420, 425, 430, 435, 440, 445, 450, 455, 460, 465, 470, 475, 480, 485, 490, 495, 500, 505, 510, 515, 520, 525, 530, 535, 540, 545, 550, 555, 560, 565, 570, 575, 580, 585, 590, 595, 600, 605, 610, 615, 620, 625, 630, 635, 640, 645, 650, 655, 660, 665, 670, 675, 680, 685, 690, 695, 700, 705, 710, 715, 720, 725, 730, 735, 740, 745, 750, 755, 760, 765, 770, 775, 780, 785, 790, 795, 800, 805, 810, 815, 820, 825, 830, 835, 840, 845, 850, 855, 860, 865, 870, 875, 880, 885, 890, 895, 900, 905, 910, 915, 920, 925, 930, 935, 940, 945, 950, 955, 960, 965, 970, 975, 980, 985, 990, 995, 1000.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Факультет Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология
Кафедра Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

Зав. кафедрой «БЖ и ЗОС»

_____ О.В. Дымникова

(подпись)

«___» _____ 2024 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту по дисциплине Процессы и аппараты защиты атмосферы
на тему _

Расчет.....

Автор проекта (работы) _____ Фамилия ИО
подпись

Направление/специальность, профиль/специализация:

20.03.01 Техносферная безопасность, профиль Защита окружающей среды
код направления

Обозначение курсового проекта ПиАЗА 56 0000.000 КП Группа БТБ-...

Руководитель проекта _____ проф., д.т.н. Попова О.В.
подпись

Проект защищен _____
дата оценка подпись

Ростов-на-Дону, 2024

• • • • •

Заключение: Сформулировать основные выводы.

Руководитель работы _____ проф., д.т.н. Попова О.В

Задание принял к исполнению _____ Фамилия ИО