

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Тобольский индустриальный институт (филиал)**

Кафедра естественнонаучных и  
гуманитарных дисциплин

## **КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Методические указания по дисциплине «Процессы и аппараты химической  
технологии» для студентов, обучающихся направления  
подготовки 18.03.01 «Химическая технология»  
всех форм обучения

Составитель: ***И.В.Александрова,***  
***кандидат технических наук***

Тюмень  
ТИУ  
2021

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.** Методические указания по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов, обучающихся направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения. / сост. И.В. Александрова; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2021. – 32 с. – Текст: непосредственный.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин филиала ТИУ в г. Тобольске  
«10» сентября 2021 года, протокол № 2

### **Аннотация**

Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» предназначены для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 18.03.01 «Химическая технология».

Приведена тематика курсового проектирования, требования к содержанию, структуре и оформлению курсовых проектов. Даны разъяснения по выполнению отдельных разделов и оформлению графической части проектов.

## Содержание

	Введение	3
1	Пояснительная записка	4
2	Тематика курсовых проектов	5
3	Список рекомендуемой литературы	9
4	Требования к структуре и содержанию курсового проекта	10
5	Рекомендации по выполнению отдельных разделов курсового проекта	12
6	Требования к оформлению курсовых проектов	13
7	Порядок защиты и оценки курсового проекта	20
	Приложение	22

## Введение

По дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» предусмотрен курсовой проект, являющийся одним из основных видов учебных занятий и формой контроля учебной работы студентов.

В рамках курсового проектирования по дисциплине студенты выполняют расчеты оборудования на заданную тему, оформляя их в виде расчетно-пояснительной записки, и чертеж аппарата (общий вид с элементами детализации) на листе формата А-1.

В процессе работы над проектом студенты используют методики расчетов, освоенные при изучении дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии».

**Целями** выполнения студентами курсового проекта являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»;
- углубление теоретических знаний в соответствии с заданной темой проекта;
- формирование умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- развитие творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- подготовка к итоговой государственной аттестации.

**Задачами** курсового проектирования являются:

- провести анализ процессов и оборудования изучаемой группы с использованием различных литературных источников (учебная, справочная литература, каталоги заводов-изготовителей, технологические регламенты производств);
- обосновать выбор конструкции аппарата для реализации рассчитываемого процесса и расчетных методик;
- провести технологический и гидравлический расчет аппарата, определить его габаритные размеры;
- выполнить чертеж аппарата (общий вид и один из узлов) в соответствии с требованиями к чертежам общего вида.

**Результат обучения.** В результате работы над курсовым проектом студент должен:

- изучить процессы химической технологии оборудование для их реализации применительно к теме проекта; освоить методики расчета; правила оформления расчетно-пояснительных записок и чертежей;
- обоснованно производить выбор типа аппаратов и их внутренних элементов, базируясь на знании протекающих в аппаратах процессов; выполнять расчеты типового оборудования, уметь работать со

справочной литературой, применять полученные знания при решении практических задач;

- демонстрировать способность и готовность производить анализ технологического процесса и конструкций аппаратов с обоснованным выбором предпочтительного варианта, разрабатывать и рассчитывать оборудование, выполнять расчетно-пояснительные записки и чертежи, осуществлять сбор литературы, работать самостоятельно.

## **1 Пояснительная записка**

Методические указания по курсовому проектированию предназначены для студентов, обучающихся по направлению 18.03.01 «Химическая технология всех форм обучения».

В указаниях приводятся общие требования к структуре курсового проекта и содержанию его разделов; рекомендации по выполнению отдельных разделов проекта; требования к оформлению расчетно-пояснительной записки и чертежей общего вида; тематика курсовых проектов; порядок защиты и оценки проекта; список рекомендуемой литературы.

Методические рекомендации разработаны на основе учебных планов и рабочих программ дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»

## **2 Тематика курсовых проектов**

Темы курсовых проектов по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии», определяют исходя из перечня следующих типовых процессов и аппаратов:

- Тепловые процессы и оборудование для их осуществления (теплообменники, испарители, конденсаторы-холодильники, аппараты воздушного охлаждения, испарители с паровым пространством и т.п.);

- Массообменные процессы и оборудования для их осуществления (ректификационные колонны для разделения бинарных смесей, абсорберы, десорберы и др.);

- Гидромеханические процессы и оборудование для их осуществления (сепараторы, отстойники, электродегидраторы и др.);

- Химические процессы и оборудование для их осуществления (реакционные аппараты различных типов).

В рамках курсового проекта студенты проводят анализ литературы по теме проекта, выполняют необходимые расчеты в соответствии с заданием и чертеж проектируемого аппарата формата А1. Требования к структуре расчетно-пояснительной записки и чертежам приводятся ниже.

На стадии курсового проектирования студенты выполняют расчет одного из типовых аппаратов химической технологии, основы расчета которых рассмотрены при изучении дисциплины: ректификационные колонны для разделения бинарных смесей; теплообменные аппараты различных разновидностей для поддержания температурного режима работы колонн (теплообменник, испаритель, АВО). В соответствии с заданием необходимо рассчитать и подобрать стандартный аппарат, выполнив технологический (тепловой) и гидравлический расчеты.

Варианты заданий для проектирования приведены в табл. 1.1-1.6.

Тема курсового проекта может быть определена также по итогам прохождения практики студента. При этом в качестве объекта расчета можно взять аппарат из числа основного оборудования нефтегазоподготовки, переработки и нефтехимического синтеза. Например, для установок комплексной подготовки природных или попутных нефтяных газов можно рассчитать абсорбер или адсорбер, используемый для осушки газов; для установок подготовки нефти – сепаратор, отстойник, печь или электродегидратор. Для нефтеперерабатывающих предприятий можно рассчитывать как основное (ректификационные колонны), так и вспомогательное (теплообменники, емкости и др.) оборудование. Для установок глубокой переработки нефти и нефтехимии можно провести расчет колонного, теплообменного или реакционного оборудования. Для выполнения проекта по производственной тематике необходимо наличие материальных балансов установок и аппаратов (или схемы материальных потоков), характеристики сырья и получаемой продукции, характеристики аппаратов установки. Структура курсового проекта по итогам практики согласовывается с преподавателем.

Таблица 1.1 – Ректификационные колонны

№	Смесь	Кол-во, кг/час	НКК в сырье	НКК в дист.	НКК в ост.	Тип тарелок	Р верх, Па
К-1	Гексан–толуол	9150	0,38	0,94	0,05	колпачковые	$1,4 \cdot 10^5$
К-2	Гексан–гептан	14500	0,42	0,96	0,05		$1,3 \cdot 10^5$
К-3	Бензол–толуол	10200	0,44	0,95	0,06		$1,8 \cdot 10^5$
К-4	Бензол–октан	9800	0,36	0,93	0,06	клапанные	$2,5 \cdot 10^5$
К-5	Бензол–хлороформ	9200	0,46	0,97	0,04		$1,5 \cdot 10^5$
К-6	Толуол–гептан	9350	0,48	0,94	0,06		$1,3 \cdot 10^5$
К-7	Гептан–гексан	10200	0,42	0,97	0,05	ситчатые	$2,1 \cdot 10^5$
К-8	Гептан–октан	11050	0,38	0,96	0,06		$1,8 \cdot 10^5$
К-9	Этанол–вода	8900	0,35	0,94	0,07		$1,6 \cdot 10^5$
К-10	Метанол–вода	9100	0,42	0,96	0,05	клапанные	$1,3 \cdot 10^5$

Таблица 1.2 – Сырьевые теплообменники

	Состав сырья	G, кг/ч	P, Па	Содержание НКК, X <sub>F</sub>	Температура	
					Начальная – t <sub>1</sub> , °C	Конечная – t <sub>2</sub> , °C
T1	Гексан–толуол	9150	1,4·10 <sup>5</sup>	0,52	12	Рассчитать с учетом температуры кипения при заданном давлении
T2	Гексан–гептан	14500	1,3·10 <sup>5</sup>	0,54	15	
T3	Бензол–толуол	10200	1,8·10 <sup>5</sup>	0,48	20	
T4	Бензол–октан	9800	2,5·10 <sup>5</sup>	0,5	18	
T5	Бензол–хлороформ	9200	1,5·10 <sup>5</sup>	0,42	14	
T6	Толуол–гептан	9350	1,3·10 <sup>5</sup>	0,4	16	
T7	Гептан–гексан	10200	2,1·10 <sup>5</sup>	0,46	20	
T8	Гептан–октан	11050	1,8·10 <sup>5</sup>	0,38	15	
T9	Этанол–вода	8900	1,6·10 <sup>5</sup>	0,52	14	
T10	Метанол–вода	9100	1,3·10 <sup>5</sup>	0,56	12	

Таблица 1.3 – Испарители

	Состав сырья	G, кг/ч	P, Па	Содержание НКК, X <sub>w</sub>	Примечание:
И1	Гексан–толуол	6200	1,4·10 <sup>5</sup>	0,03	температуру кипения смеси при заданном давлении рассчитать
И2	Гексан–гептан	8200	1,3·10 <sup>5</sup>	0,05	
И3	Бензол–толуол	7400	1,8·10 <sup>5</sup>	0,04	
И4	Бензол–октан	6800	2,5·10 <sup>5</sup>	0,06	
И5	Бензол–хлороформ	6200	1,5·10 <sup>5</sup>	0,05	
И6	Толуол–гептан	6300	1,3·10 <sup>5</sup>	0,03	
И7	Гептан–гексан	5500	2,1·10 <sup>5</sup>	0,05	
И8	Гептан–октан	5700	1,8·10 <sup>5</sup>	0,03	
И9	Уксусная кислота–вода	4500	1,6·10 <sup>5</sup>	0,04	
И10	Метанол–вода	4600	1,3·10 <sup>5</sup>	0,05	

Таблица 1.4 – Аппараты воздушного охлаждения

	Состав сырья	Содержание НКК, $Y_D$	$P \cdot 10^{-5}$ , Па	Температура сырья		Темп. воздуха	G, кг/ч
				Начальная – $t_1$ , °C	Конечная – $t_2$ , °C		
A1	Гексан–толуол	0,94	1,4	температуру конденсации смеси при заданном давлении рассчитать	42	начальную температуру воздуха принять в соответствии со средней июльской температурой в месте установки объекта	9150
A2	Гексан–гептан	0,97	1,3		38		14500
A3	Бензол–толуол	0,95	1,8		32		10200
A4	Бензол–октан	0,96	2,5		35		9800
A5	Бензол–хлороформ	0,94	1,5		38		9200
A6	Толуол–гептан	0,97	1,3		45		9350
A7	Гептан–гексан	0,96	2,1		40		10200
A8	Гептан–октан	0,98	1,8		38		11050
A9	Этанол–вода	0,94	1,6		35		8900
A10	Метанол–вода	0,96	1,3		30		9100

Таблица 1.5 – Концевой холодильник

	Состав сырья	Содержание НКК, $Y_D$	P, Па	Температура сырья		Темп. воды	G, кг/ч
				Начальная – $t_1$ , °C	Конечная – $t_2$ , °C		
X1	Гексан–толуол	0,94	$1,4 \cdot 10^5$	42	20	начальную и конечную температуру воды принять в соответствии с рекомендациями	9150
X2	Гексан–гептан	0,97	$1,3 \cdot 10^5$	38	25		14500
X3	Бензол–толуол	0,95	$1,8 \cdot 10^5$	32	20		10200
X4	Бензол–октан	0,96	$2,5 \cdot 10^5$	35	18		9800
X5	Бензол–хлороформ	0,94	$1,5 \cdot 10^5$	38	20		9200
X6	Толуол–гептан	0,97	$1,3 \cdot 10^5$	45	25		9350
X7	Гептан–гексан	0,96	$2,1 \cdot 10^5$	40	22		10200
X8	Гептан–октан	0,98	$1,8 \cdot 10^5$	38	25		11050
X9	Уксусная кислота–вода	0,94	$1,6 \cdot 10^5$	35	20		8900
X10	Метанол–вода	0,96	$1,3 \cdot 10^5$	30	18		9100



Таблица 1.6 – Конденсатор-холодильник

	Состав сырья	Содержание НКК, $Y_D$	P, Па	Температура сырья		Темп. воды.	G, кг/ч
				Начальная – $t_1, ^\circ\text{C}$	Конечная – $t_2, ^\circ\text{C}$		
КХ1	Гексан–толуол	0,94	$1,4 \cdot 10^5$	температуру конденсации смеси (начальную температуру) при заданном давлении рассчитать.	32	Принять	9150
КХ2	Гексан–гептан	0,97	$1,3 \cdot 10^5$		23		14500
КХ3	Бензол–толуол	0,95	$1,8 \cdot 10^5$		22		10200
КХ4	Бензол–октан	0,96	$2,5 \cdot 10^5$		25		9800
КХ5	Бензол–хлороформ	0,94	$1,5 \cdot 10^5$		23		9200
КХ6	Толуол–гептан	0,97	$1,3 \cdot 10^5$		30		9350
КХ7	Гептан–гексан	0,96	$2,1 \cdot 10^5$		28		10200
КХ8	Гептан–октан	0,98	$1,8 \cdot 10^5$		27		11050
КХ9	Этанол–вода	0,94	$1,6 \cdot 10^5$		25		8900
КХ10	Метанол–вода	0,96	$1,3 \cdot 10^5$		20		9100

### 3 Список рекомендуемой литературы

1. Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие / Д.А. Баранов. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 408 с. - Текст : непосредственный.

2. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. - Москва : РусмедиаКонсалт, 2004. - 576 с. - Текст : непосредственный.

3. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / редактор Ю.И. Дытнерский. - Москва : Альянс, 2008. - 494 с. - Текст : непосредственный.

4. Владимиров А.И. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки: учебное пособие для вузов / А.И. Владимиров, В.А. Щелкунов, С.А. Круглов. - Москва : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. - 227 с.: ил. - Текст : непосредственный.

6. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик. - Москва : ООО «Старс», 2006. - 720 с. - Текст : непосредственный.

7. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии / А.И. Скобло, Ю.К. Молоканов, А.И. Владимиров, В.А. Щелкунов. - Москва : Недра, 2000. - 678 с. - Текст : непосредственный.

8. Лащинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А.А. Лащинский, А.Р. Толчинский. - Ленинград : «Машиностроение», 1970. - 752 с.: ил. - Текст : непосредственный.

9. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.— Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2017.— 544 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67350.html>.— ЭБС «IPRbooks»

10 Таранова, Л.В. Теплообменные аппараты и методы их расчета: учебное пособие/ Л.В. Таранова. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. - 198с. . - Текст : непосредственный.

11. АТК 26-02-1-89. Тарелки клапанные прямоточные для аппаратов колонного типа. Параметры, конструкция и основные размеры : введен взамен ОСТ 26-02-1401-76 : дата введения 1990-01-01 / разработан ВНИИНЕФТЕМАШ. - Москва, 1990. - 29 с. - Текст : непосредственный.

#### **4 Требования к структуре и содержанию курсового проекта**

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части (чертеж общего вида аппарата).

Расчетно-пояснительная записка включает в себя титульный лист, задание по курсовому проектированию, обязательные разделы и подразделы, список использованной литературы. Рекомендуемый объем пояснительной записки – 20-25 листов.

Рекомендуется следующая структура расчетно-пояснительной записки.

1. Обзор литературы по теме проекта.
2. Обоснование выбора конструкции аппарата.
3. Расчетная часть.
  - 3.1. Технологический расчет.
  - 3.2. Гидравлический расчет.

4. Заключение.
5. Список использованной литературы.

В соответствии с рекомендуемой структурой предлагается следующее содержание разделов расчетно-пояснительной записки.

**1. Вводная часть.** В разделе необходимо сделать обзор литературы по изучаемой тематике. Рассмотреть типовые процессы химической технологии, реализуемые в проекте; влияние параметров на проведение процессов; типовое оборудование для их реализации, Привести эскизы аппаратов. Продемонстрировать знание разновидностей оборудования и их основных устройств. При необходимости использовать технологические регламенты производств и паспорта оборудования (по материалам практики или из архивов кафедры).

**2. Обоснование выбора конструкции аппарата.** В разделе необходимо проанализировать конструкции аппаратов с учетом экономических, экологических и социальных аспектов; ориентируясь на более простую, дешевую, удобную и безопасную в эксплуатации конструкцию; оценить возможные затраты энергии на перекачивание потоков с учетом возникающих при этом гидравлических сопротивлений.

**3. Расчетная часть.** В разделе необходимо обоснованно выбрать методики расчета и провести расчеты, имеющие своей целью определение параметров работы и габаритных размеров проектируемого аппарата, или определение их количества для обеспечения заданной мощности. Для этого выполняют материальные и тепловые расчеты, составляя таблицы материальных (тепловых) балансов; выполняют гидравлические расчеты. При этом определяют количества входящих в аппарат и уходящих из него потоков; количество тепла, вносимое и уносимое из аппарата с потоками вещества и теплоносителей; расходы теплоносителей (хладагентов); гидравлические сопротивления, возникающие при движении потоков; размеры присоединительных штуцеров.

**4. Заключение.** Необходимо подвести итог расчетам и сделать выводы о возможности использования выбранного аппарата для заданных целей.

**5. Список литературы.** Необходимо привести список использованной литературы, оформленный в соответствии с требованиями (ГОСТ 7.0.100-2018). В список включить учебную, справочную литературу, необходимые ГОСТы, каталоги на выпускаемую продукцию, включая каталоги заводов-изготовителей, ссылки на электронные источники.

## **5. Рекомендации по выполнению отдельных разделов курсового проекта**

При подготовке обзора литературы необходимо изучить оборудование, используемое для проведения процессов в изучаемых аппаратах; познакомиться с принципиальным устройством аппаратов и разнообразием их конструкций, используя приведенную в методических рекомендациях литературу. Следует привести эскизы аппаратов; рассмотреть преимущества, недостатки и области применения аппаратов той или иной разновидности.

Содержание расчетной части определяется типом проектируемого аппарата. Приведем некоторые рекомендации.

Расчет ректификационных колонн проводят по методикам, изложенным в [1, 3-5, 14]. Цель расчета – составление материального баланса ректификационной колонны; расчет процесса ректификации с использованием графических или аналитических методов расчета; определение габаритных размеров колонны и диаметров присоединительных штуцеров; расчет и выбор контактных устройств (тарелок или насадок).

Расчет теплообменных аппаратов проводят в соответствии с методиками расчета, изложенными в [2, 3, 4, 6, 10, 15, 16]. Цель расчета – выбор стандартизованного теплообменника или аппарата воздушного охлаждения по итогам предварительного и уточненного теплового расчета. Для выбранного аппарата необходимо провести гидравлический или аэродинамический расчет.

В рамках курсового проектирования возможно выполнение следующих разновидностей теплообменников: кожухотрубчатых, пластинчатых, спиральных и аппаратов воздушного охлаждения. Выбор аппарата по результатам расчета проводят, основываясь на необходимой поверхности теплообмена, пользуясь таблицами, приведенными в перечисленной учебной литературе или по каталогам заводов химического машиностроения и ВНИИнефтемаш.

Расчет оборудования установок подготовки нефти (отстойников, электродегидраторов, сепараторов, печей) проводится по методикам, изложенным в [6, 18, 19] и включает составление материального баланса блока отстойников (электродегидраторов), определение пропускной способности выбранных аппаратов и расчет их необходимого количества для достижения заданной мощности. Расчет материального баланса предусматривает определение количества входящих и выходящих потоков с учетом заданного их состава. Гидравлический расчет включает определение диаметра основных присоединительных штуцеров.

Расчет реакционных аппаратов проводят по методикам, изложенным в [6, 10, 17]. Целью является расчет габаритных размеров аппаратов с учетом протекающего процесса, расчет материальных и тепловых балансов; для аппаратов с мешалками также выбор и расчет

перемешивающих устройств (мешалок с учетом свойств перемешиваемых сред.

## **6. Требования к оформлению курсовых проектов**

Курсовой проект по дисциплине включает оформление расчетно-пояснительной записки и выполнение чертежа общего вида аппарата на формате А-1.

### **6.1. Требования к оформлению расчетно-пояснительной записки**

**Общие требования.** Расчётно-пояснительная записка выполняется на одной стороне стандартного листа белой односторонней бумаги формата А4 (210× 297 мм) в редакторе «Word» 14-м кеглем через одинарный интервал шрифтом *Times New Roman*, прямым, выровненным по ширине. Шрифты других начертаний можно использовать для заголовков и внутритекстовых выделений. Мелкий шрифт (11-го или 12-го кегля) допускается только в таблицах.

Абзацный отступ должен составлять 1,25 или 1,27 см. В редакторе «Word» необходимо изначально установить автоматическую расстановку переносов. Буквы иностранных алфавитов в тексте по написанию должны отличаться от русских букв, для этого следует использовать шрифты других размеров или иного начертания.

Образец оформления титульного листа записки приведён в приложении 1. Второй лист - задание к курсовому проекту, его типовая форма приведена в приложении 2. Все последующие листы записки должны иметь формы: для первых листов каждого раздела согласно приложению 3, для всех других листов – согласно приложению 4.

По приложению 3 оформляются *только первые листы следующих разделов*: литературного обзора и технологической части.

Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк должно быть не менее 3 мм. Расстояние от нижней строки текста или от верхнего номера страницы до нижней или верхней рамки должно быть не менее 5 мм.

**Построение записки.** Весь текст записки делят на разделы, подразделы и пункты. Разделы должны иметь сквозную нумерацию в пределах всей записки, выполненную арабскими цифрами, например: «3» (третий раздел). После номера раздела в этой же строке следует название раздела *без точки в конце названия*.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделённых точкой. Пункты нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого

подраздела. Номер пункта состоит из номеров раздела, подраздела и пункта, разделённых точками. При необходимости пункты могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: «3.2.1.1, 3.2.1.2, и т.д.». Следует отметить, что разбивка пунктов на подпункты усложняет восприятие записки.

Название разделов и подразделов записывают в виде заголовков. Заголовки можно размещать от абзацного отступа или по центру. Заголовки разделов можно набирать прописными буквами, а заголовки подразделов – строчными. При этом необходимо соблюдать принцип единообразия: заголовки, принадлежащие одной ступени рубрикации, должны быть оформлены *одинаково*.

Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. В заголовки не включают сокращённые слова и аббревиатуры, а также химические, физические формулы. Подчёркивать заголовки не допускается. Нельзя заголовок оставлять на последней строке листа. После заголовка должно быть *не менее трёх* строк текста. Заголовки необходимо отделять друг от друга и текста интервалом в одну строку.

Содержание, введение, заключение и список использованной литературы записываются в виде заголовков, но *нумерацию как разделам им не присваивают*.

**Основной текст.** Текст записки должен быть кратким, чётким, не допускать различных толкований. При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо» и производные от них.

Примеры изложения текста: *Сырьё подаётся в реактор...; Смена катализатора производится...; Были получены следующие результаты...; В качестве примера можно привести...; Разработана методика..., Расчёт показал, что...*

Если в записке принята специфическая терминология или употребляются малораспространённые сокращения, новые символы, обозначения, то их перечень должен быть представлен в виде списка сокращений и условных обозначений, который включают в содержание и приводят после введения.

Фамилии, названия фирм, организаций и другие собственные имена в тексте приводятся на языке оригинала. Допускается приводить названия в переводе на русский язык с добавлением при первом упоминании оригинального названия.

В тексте не допускается сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр. Не допускается использовать математические знаки «–», «+», «>», «<», «№», «%» вместо слов минус, плюс, больше, меньше, номер, процент.

**Формулы и уравнения.** Все формулы, используемые в записке, приводят в общем виде с последующей подстановкой численных значений входящих в них величин. Нумерацию формул осуществляют арабскими цифрами в пределах раздела, при этом номер состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделённых точкой. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например, первая формула четвертого раздела запишется в виде:

$$Q_2 = 0,25 \cdot (D_2^2 - d_1^2) \cdot P_2$$

Значения величин, входящих в формулу, приводят непосредственно под формулой, после слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения должны быть отделены от текста сверху и снизу одной свободной строкой. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака “=” или знаков “+”, “-”, “x”, “.”.

В курсовом проекте все расчёты выполняются в системе СИ. Допускается производить расчёт в других единицах с переводом окончательного результата в систему СИ.

**Иллюстрации и таблицы.** В расчетно-пояснительной записке приводят рисунки, схемы, графики, эскизы, которые располагают, как правило, на отдельных листах, включенных в общую нумерацию страниц.

Иллюстрации обозначаются словом “Рисунок” и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела, аналогично нумерации формул, например: “Рисунок 1.2” (второй рисунок первого раздела).

Иллюстрации располагают после первой ссылки на них так, чтобы было удобно рассматривать без поворота записки или с поворотом по часовой стрелке. Название иллюстрации помещают над ней, поясняющие данные – под иллюстрацией.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц. Каждая таблица имеет заголовок, который начинают с прописной буквы и помещают над таблицей посередине. В правом углу над заголовком помещают слово «Таблица» с указанием ее номера, в соответствии с номером раздела и номером таблицы в этом разделе, например:

Таблица 4.1 - Заголовок таблицы

Головка таблицы	Заголовок граф		Заголовок граф	
	подзаголовок графы	подзаголовок графы	подзаголовок графы	подзаголовок графы
Загол				

овок строки				
Загол овок строки				

Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы её можно было читать без поворота отчёта или с поворотом по часовой стрелке. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист, при этом заголовок помещают только над её первой частью. При переносе части таблицы на другую страницу слово “Таблица” и номер её указывают один раз, над другими частями пишут слова, например: «Продолжение таблицы 4.1». Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Для компактного размещения таблицы допускается уменьшать размер шрифта при компьютерном наборе.

Если в графе таблицы повторяющийся текст состоит из одного слова, его допускается заменять кавычками, если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами “То же”, а далее – кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, знаков, символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, введенными ранее, например:  $G$  – массовый расход компонента,  $Q$  – тепловой поток.

Размерность цифрового материала приводят в соответствующих заголовках строк и граф.

**Ссылки.** В тексте ссылки на источник литературы приводят сразу после его упоминания в виде порядкового номера источника по списку литературы, заключённого в скобки, например: “[10]”.

Первые ссылки на иллюстрации, формулы и таблицы, приведённые в записке, указывают их порядковым номером, например: “рисунок 1.2, таблица 4.1, формула (4.1)”. При повторных ссылках сокращённо указывают слово “смотри”, например: “см. табл.4.1”.

**Нумерация страниц.** При оформлении расчетно-пояснительной записки используют сквозную нумерацию и нумерацию в пределах раздела. При использовании сквозной нумерации титульный лист считается первой страницей, но номер на нём не ставится. На последующих страницах номер проставляется в правом верхнем углу или по центру страницы.



В пределах раздела страницы нумеруют в правом нижнем углу (см. приложения 2,3).

**Список использованных источников.** Список литературных источников оформляют в соответствии с ГОСТ 7.1.100-2018, например:

1. Владимиров А.И. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки: учебное пособие для вузов / А.И. Владимиров, В.А. Щелкунов, С.А. Круглов. - Москва : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. - 227 с.: ил. - Текст : непосредственный.
2. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик. - Москва : ООО «Старс», 2006. - 720 с. - Текст : непосредственный.

## **6.2. Требования к оформлению графической части курсового проекта**

Общий объем графической части проекта включает – один лист формата А1, включающий общий вид аппарата и один из основных узлов.

При выполнении чертежей общего вида и детализовки следует руководствоваться общими правилами оформления чертежей. Пример оформления показан в приложении.

Чертеж общего вида должен содержать следующие сведения:

- изображение изделия (аппарата, машины), необходимые виды, разрезы и сечения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия;
- основные размеры – конструктивные, соединительные и габаритные, вид или схему с действительным расположением штуцеров, люков, лап и др.;
- таблицу назначения штуцеров, патрубков и т.п.;
- техническую характеристику;
- технические требования;
- перечень составных частей изделия.

Расположение штуцеров показывают на виде сверху, а при отсутствии этого вида его вычерчивают схематически, проставив условные обозначения штуцеров, указанных на главном виде изделия. При этом над схемой делают надпись, например: «Схема расположения штуцеров», а в технических требованиях на чертеже обязательно указывают: «Действительное расположение штуцеров, смотри по схеме (по плану, виду, и т.д.)».

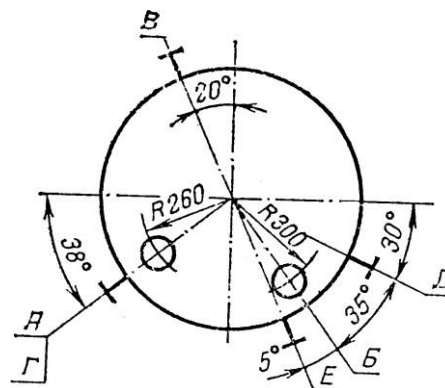


Рис. 6.1. Расположение штуцеров.

Штуцера, люки и т.п. обозначают условно на продолжении их осей или на полках линий-выносок прописными буквами русского алфавита размером от 5 до 7 мм (буквы Й, О, Х, Ъ, Ь не применяют).

Вся информация заносится в таблицу штуцеров по форме:

Таблица штуцеров

Обозначение	Наименование	Кол	Проход условный Ду, мм	Давление условное Ру, МПа	20
					8
12	90	10	18		
148					

В технической характеристике аппарата указывают следующее:

- назначение изделия (аппарата);
- объём аппарата – номинальный и рабочий;
- производительность;
- площадь поверхности теплообмена;
- максимальное давление;
- максимальную температуру среды;
- мощность привода;
- частоту вращения деталей;
- токсичность и взрывоопасность среды;
- другие необходимые данные.

В технических требованиях приводят:

- обозначение ГОСТ или ТУ, согласно которым должно быть изготовлено и испытано данное изделие;
- обозначение ГОСТ или ТУ на основные материалы, применяемые в изделии;
- требования к испытанию на прочность и плотность сварных швов и других видов соединений;
- сведения о необходимости тепловой изоляции, гуммирования и других антикоррозионных покрытий.

Перечень составных частей изделия располагают на поле чертежа общего вида над основной надписью по форме:

Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Масса 1 шт.	Наименова- нии марка материала	Примеч ание	16
							8
8	40	60	10	14	32		
18							

Последняя строка перечня составных частей не должна доходить до основной надписи на расстояние менее 10 мм. Допускается оставлять незаполненными несколько строк перечня (две, три) с соответствующим пропуском номеров позиций после каждой группы перечня составных частей: составные единицы, детали, стандартные изделия.

Данные, вносимые в перечень составных частей изделия, следует записывать сверху вниз в следующем порядке: составные (сборочные) единицы; детали; стандартные изделия, в том числе крепёжные; прочие изделия.

При большом числе составных частей изделия допускается исключать из перечня второстепенные детали и неответственные стандартные изделия.

Таблицы, техническую характеристику, технические требования и перечень составных частей следует располагать над основной надписью чертежа. В порядке исключения, допускается размещение таблицы штуцеров слева от основной надписи. При выполнении чертежей общего вида рекомендуется расположение основных элементов согласно рис. 6.2, 6.3.

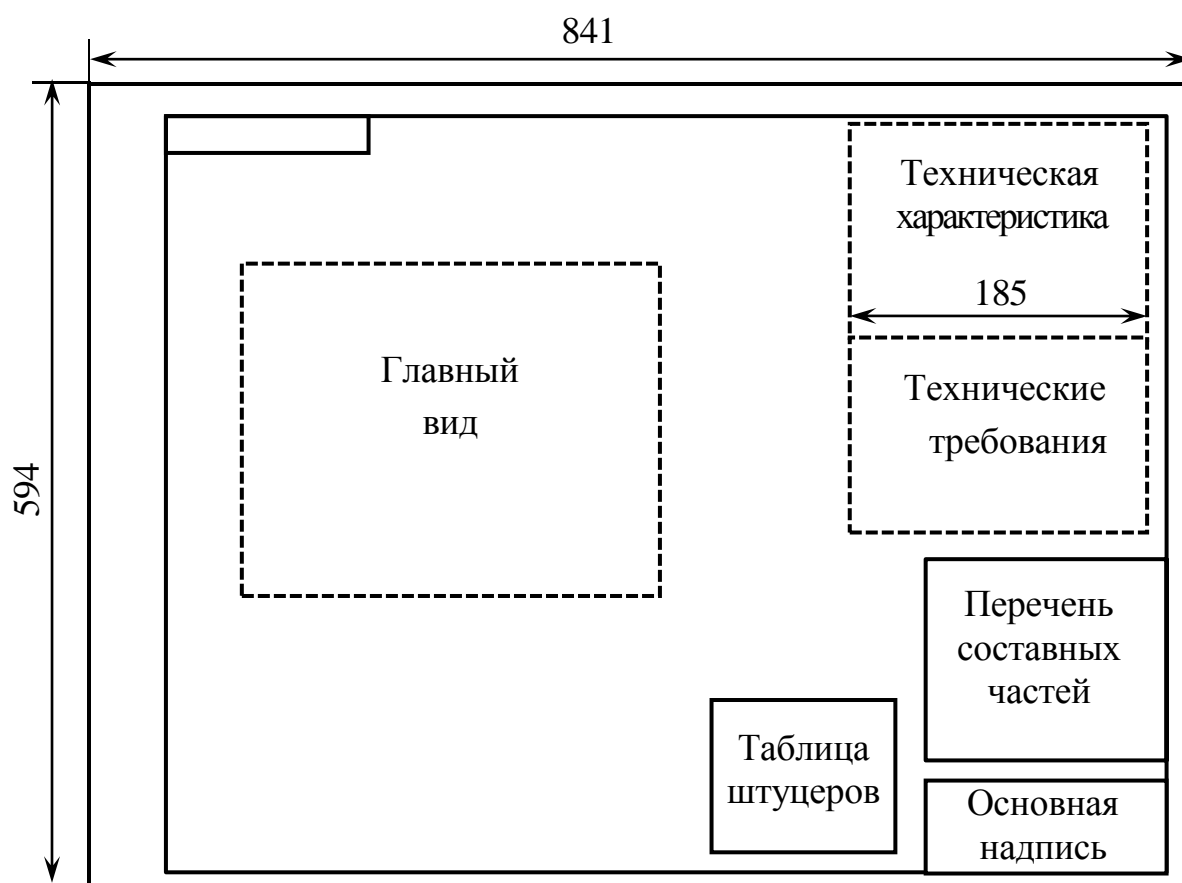


Рис. 6.2. Расположение основных элементов (горизонтальный лист)

При выполнении чертежей узлов и деталей обычно вычерчивают основные внутренние устройства, характерные для аппарата данной конструкции и назначения, например: тарелки, распределительные и сепарационные устройства, опоры для насадки или катализатора и т.п. Показывают также крепление внутренних (или наружных) элементов к корпусу аппарата, штуцера, люки, опоры аппарата, кронштейны для подвесных конструкций и т.д. При вычерчивании узлов крепления схематично показывают места сварки, приводят характеристику сварного шва. При выполнении детализовки следует учитывать, что степень заполнения листа должна быть не менее 70%. Пример оформления чертежа общего вида приведен в приложении.

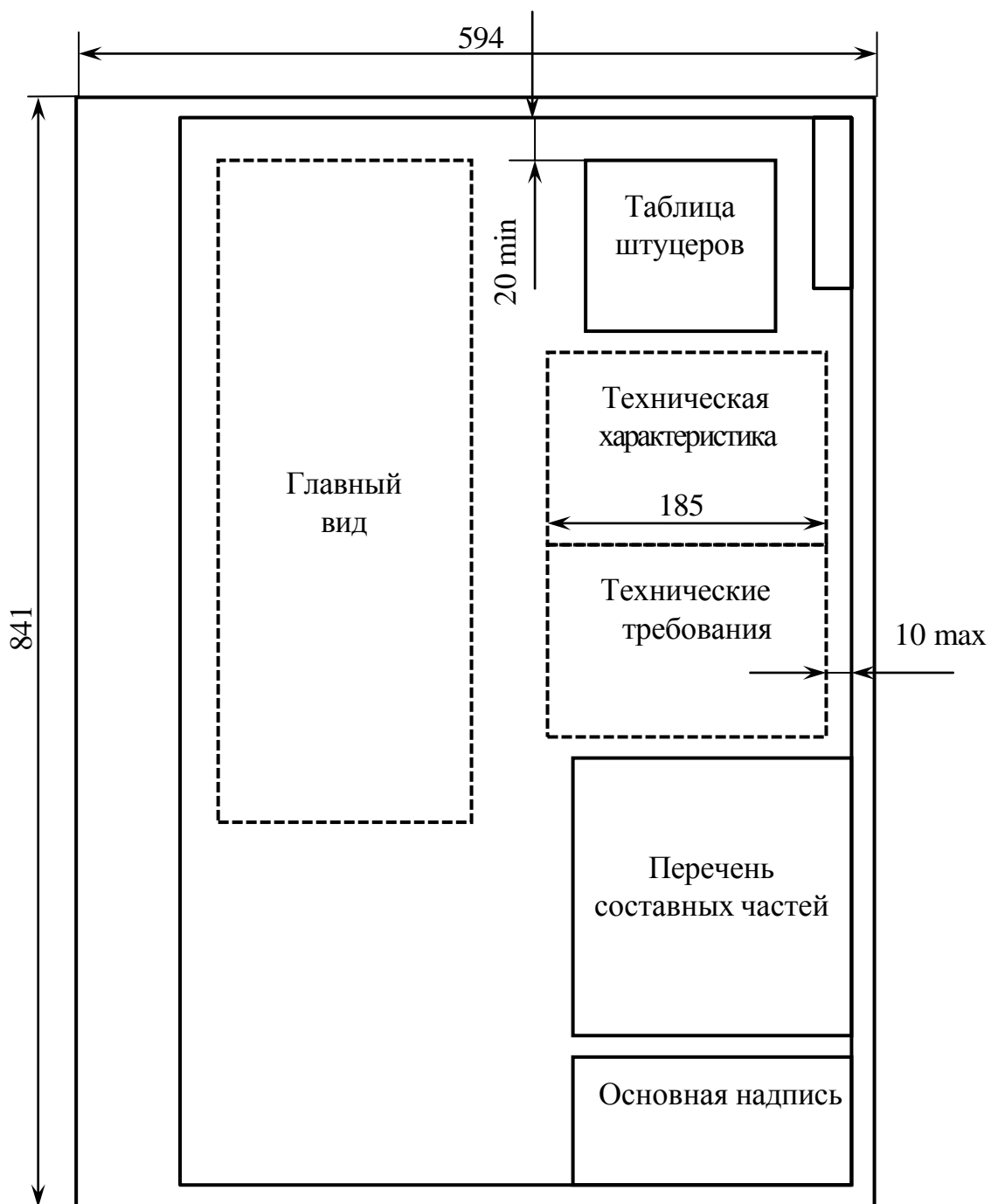


Рис. 6.3. Расположение основных элементов (вертикальный лист)

## 7. Порядок защиты и оценки курсового проекта

Защита курсового проекта проводится публично и включает доклад (3-4 мин.) и ответы на вопросы. Доклад можно делать как в традиционной форме, так и в виде презентации.

В докладе следует отразить цели и задачи проекта; дать характеристику оборудования разрабатываемой группы; отметить

преимущества и недостатки проектируемого аппарата; охарактеризовать методики расчета; показать логику расчета; отметить основные полученные результаты: определяющие размеры аппарата (габаритные размеры, поверхность теплообмена, диаметры присоединительных штуцеров и т.д.), результаты прочностных расчетов; прокомментировать выполненный чертеж аппарата. В заключении необходимо сделать выводы по результатам работы.

При защите в презентационной форме рекомендуется следующий набор слайдов: тема; цели и задачи; общая характеристика оборудования разрабатываемой группы (с приведением эскизов); методика расчета и основные расчетные формулы; результаты материальных (тепловых), гидравлических и механических расчетов; чертеж аппарата с выноской перечня составных частей, технической характеристики и таблицы штуцеров; выводы. Результаты расчетов удобно представлять в виде сводных таблиц с приведением рассчитываемого параметра, формулы для расчета и полученного результата. При подготовке слайдов презентации необходимо обратить внимание на цветное оформление, шрифты, насыщенность слайдов информацией.

Процедура защиты предусматривает ответы на вопросы по теме проекта (обычно не более 5). Тематика вопросов направлена на знание студентами основных понятий по разрабатываемой теме и основ расчета (основные уравнения и величины); знание устройства и принципа действия разрабатываемого аппарата.

Оценка курсового проекта производится по рейтинговой системе (максимальное количество баллов – 100) и складывается из следующих составляющих:

№	Виды контрольных испытаний	Баллы
1	Анализ проектируемой технологии. Выбор оптимального варианта.	0-5
2	Расчёт материального баланса.	0-10
3	Расчёт теплового баланса.	0-5
4	Технологический и гидравлический расчёт основного оборудования.	0-10
5	Качество анализа технической литературы. Полнота освещения темы проекта в литературном обзоре	0-10
6	Качество и полнота технологических расчётов. Достоверность результатов проекта.	0-10
7	Использование информационных технологий (систем) в технологических расчётах и при выполнении графической части.	0-10
8	Качество оформления расчётно-пояснительной записки	0-10
9	Качество и достоверность оформления графической части	0-10
10	Защита курсового проекта. Содержание и качество выступления при защите. Лаконичность, владение материалом, специальной терминологией. Ответы на вопросы.	0-20

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Пример оформления титульного листа

---

- МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Тобольский индустриальный институт (филиал)**

Кафедра естественнонаучных и  
гуманитарных дисциплин

**Расчетно-пояснительная записка**

**к курсовому проекту  
по дисциплине  
«Процессы и аппараты химической технологии»  
на тему:**

---

---

**Руководитель:**

Доцент кафедры ЕНГД,

Канд. техн. наук

\_\_\_\_\_Александрова И.В

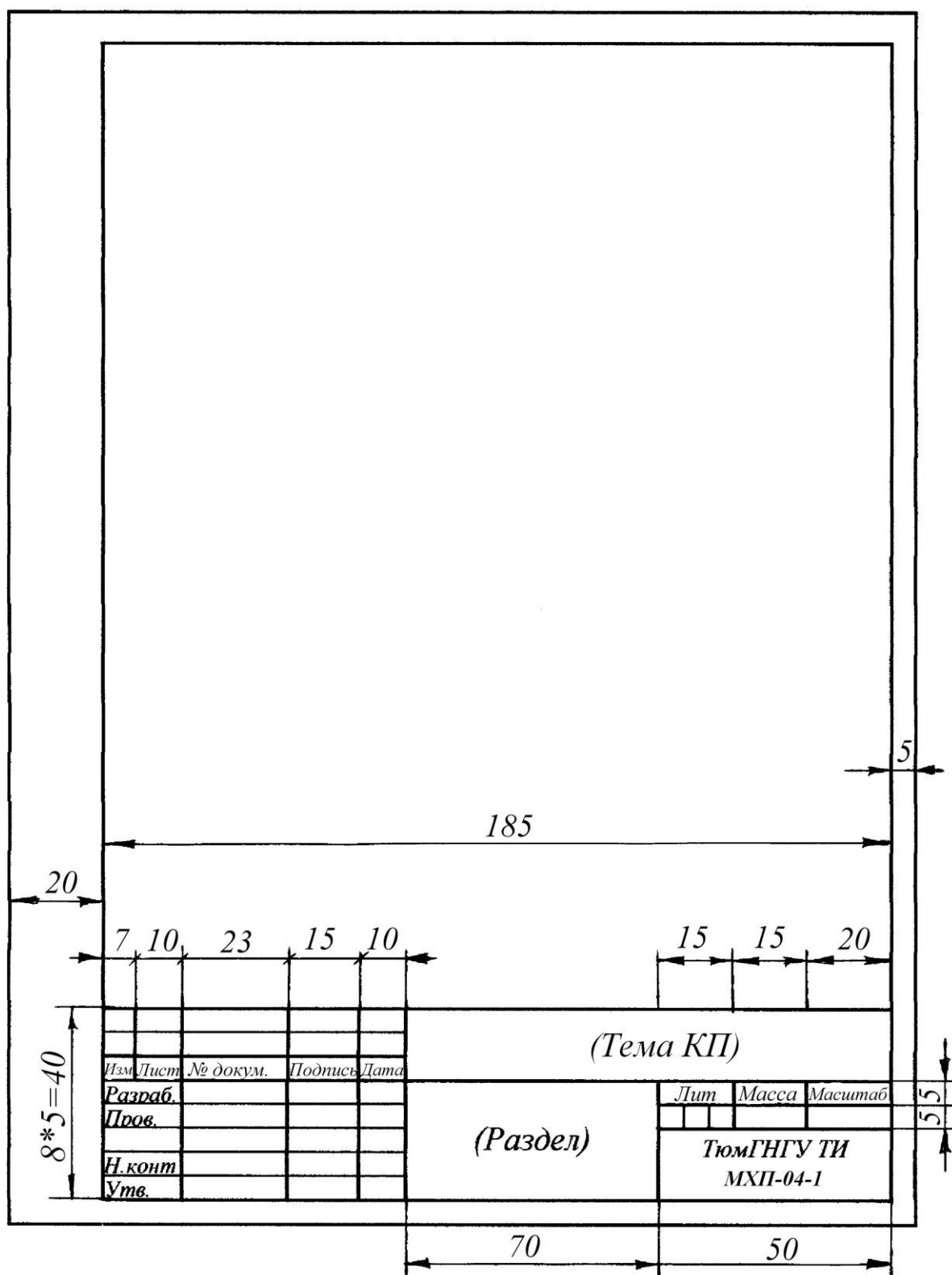
**Разработчик:**

Обучающийся гр. ХТОбз-19

\_\_\_\_\_Иванов И.И.

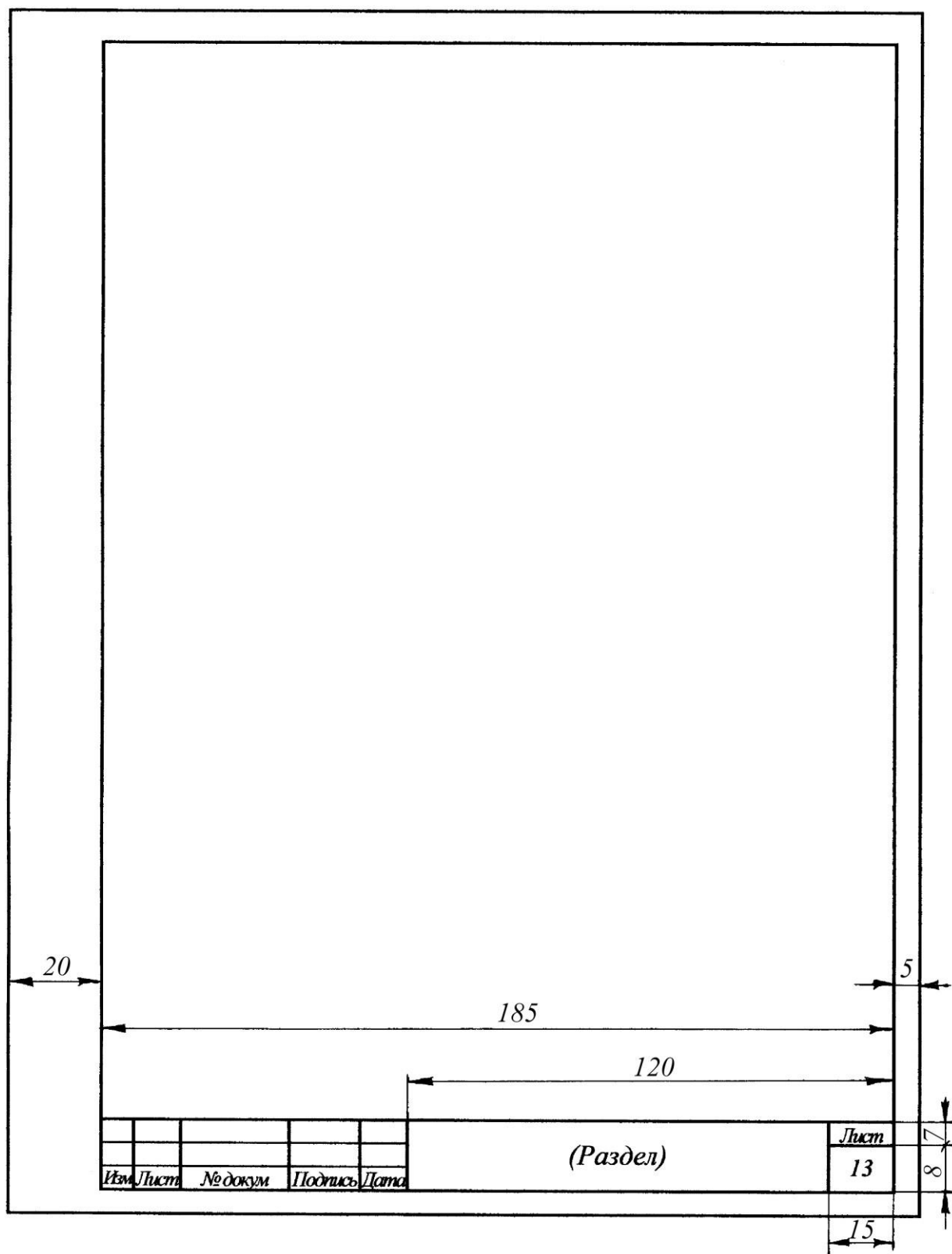
Тобольск 2021г.

Образец оформления первой страницы раздела

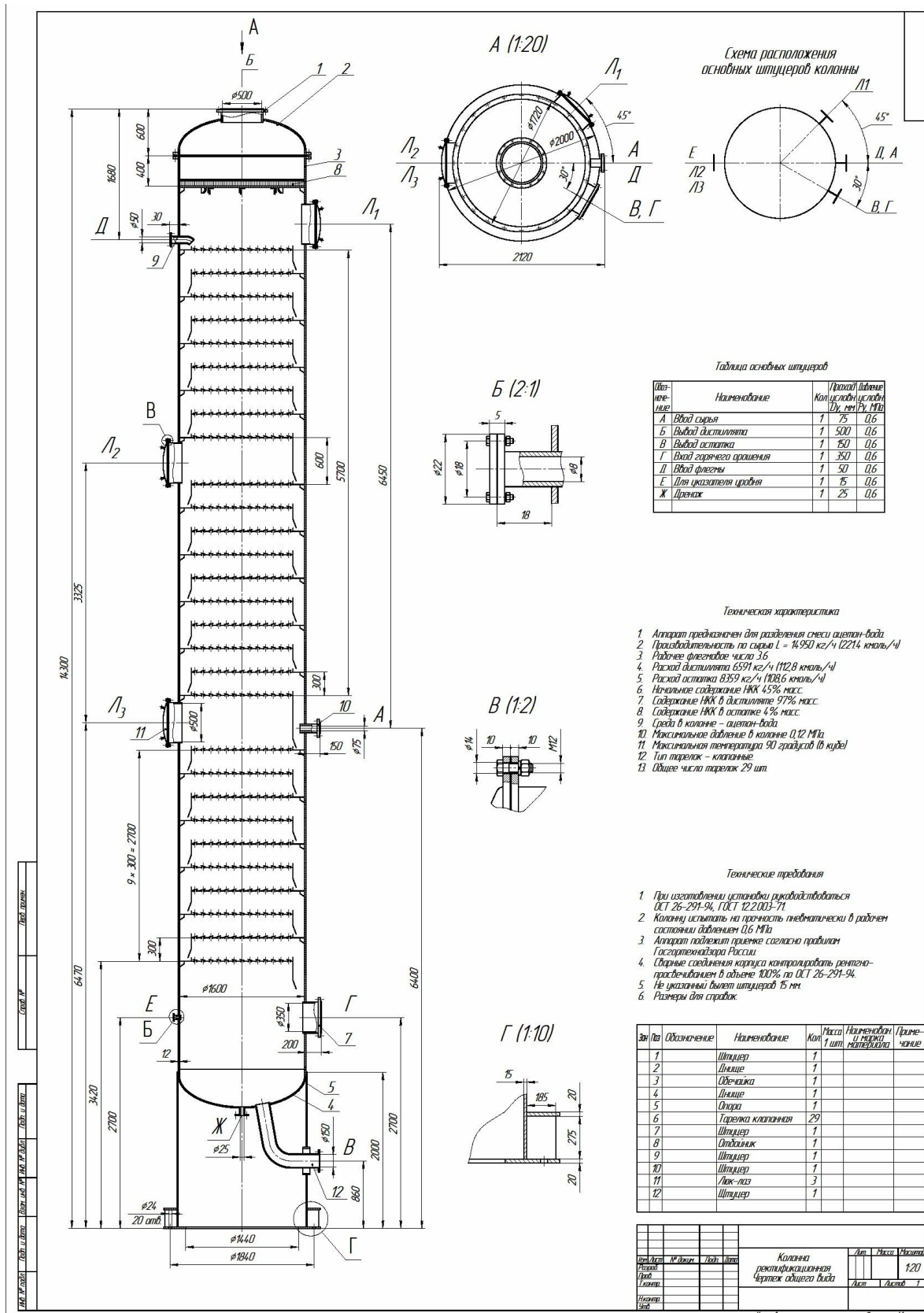




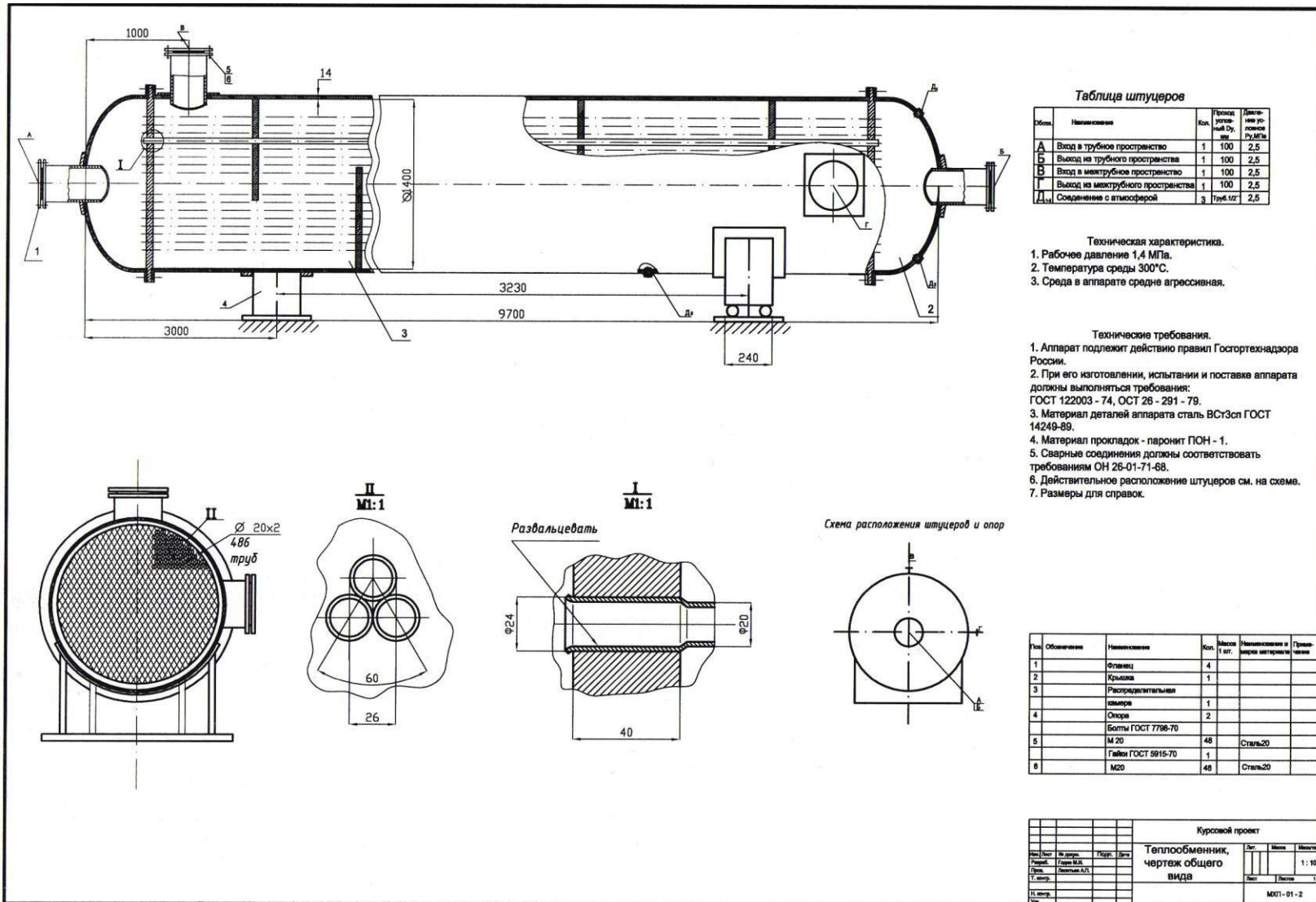
Образец оформления последующих страниц раздела



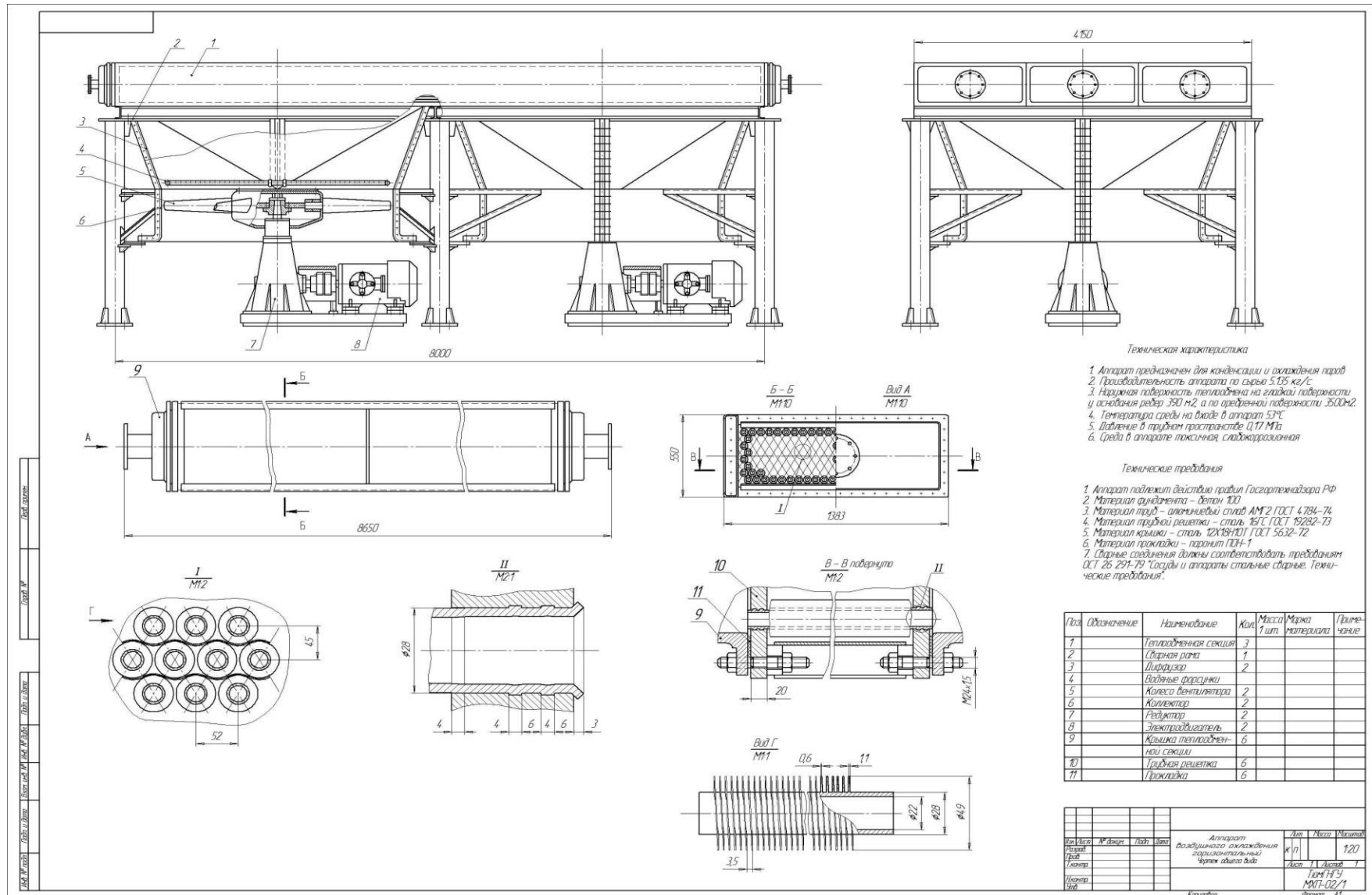
## Примеры оформления чертежей общего вида



Ректификационная колонна



Кожухотрубчатый теплообменник



Аппарат воздушного охлаждения

