

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ

Методические указания к курсовому проектированию

Составители

Валерий Петрович Гусев  
Жанна Артуровна Гусева

Подписано к печати 10.03.2006  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная  
Печать RISO. Усл. печ. л. 1,63 . Уч. -изд. л. 1,47  
Тираж 100 экз. Заказ 128 . Цена свободная.  
Издательство ТПУ. . 634050, Томск, пр. Ленина, 30.

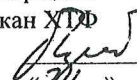
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

Утверждаю  
Декан ХТФ

 В.М. Погребенков  
« 31 » 01 2006г.

## ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Общие положения и правила оформления

Методические указания к курсовому проектированию для студентов  
химических специальностей

Томск 2006

УДК 62 (084. 11)

Процессы и аппараты химических производств.  
Общие положения, правила оформления, рекомендуемая литература.  
Методические указания к курсовому проектированию для студентов  
химических специальностей.-Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - 28 с.

Составители к.т.н., доцент, В.П.Гусев  
к.т.н., доцент, Ж.А.Гусева

Рецензент к.т.н., доцент, С.А.Бабенко

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры общей химической технологии «7»  
Октябрь 2006г.

Зав.каф.ОХТ,



В.В.Коробочкин

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В структуре любого химического производства инженер химик-технолог, как правило, занимает должности мастера или начальника участка, начальника смены, начальника технического отдела или цеха, конструктора и т.д. Во всех случаях инженер-технолог в своей производственной деятельности занимается вопросами организации управления производством, разработкой технической документации, связанной с технологическим регламентом и проектированием производств. Очевидно, что для успешной реализации указанных функций необходимы достаточно основательные знания технологии и оборудования, а так же методик проектного расчета технологического процесса в целом. Кроме того, безусловно, необходимым является знание и умение работать с соответствующими стандартами, ГОСТами и нормами. В этом плане определяющая роль при подготовке специалистов в области химической технологии принадлежит курсу "Процессы и аппараты химической технологии", завершающей стадией изучения, которого является курсовой проект.

Целью курсового проекта является самостоятельное выполнение студентами расчета типового химико-технологического процесса: теплообмена, выпаривания, абсорбции, ректификации и др. В процессе выполнения курсового проекта студенты осваивают наиболее современные методы проектных расчетов с использованием компьютерной техники, знакомятся с действующими стандартами и нормами, постигают правила работы со специальной и справочной литературой.

Для успешного выполнения курсового проекта по процессам и аппаратам химической технологии необходимы знания других смежных дисциплин: общей неорганической и органической химии, физической химии, высшей математики, прикладной механики, инженерной графики, основ программирования к компьютерной технологии и целого ряда других дисциплин.

Впервые перед студентами технического университета ставится серьезная инженерная задача, требующая практически полной самостоятельности и ответственности. Возникающие в процессе проектирования вопросы оперативно решаются на систематически проводимых консультациях с ведущими преподавателями.

Одной из главных целей выполнения проекта является приобретение студентами навыков по составлению технической документации в соответствии с требованиями действующих стандартов.

При разработке и составлении настоящих методических указаний были использованы следующие материалы:

1. Методические указания по курсовому проектированию процессов и аппаратов химической технологии Составители: Лекае В.М., Елкин Л.М. - М.: Типография МХТИ, 1977. - 84 с.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию (Под ред. Ю.И. Дытнерского. - М.: Химия, 1983. - 272 с.
3. Стандарт предприятия ТПУ 202-93.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Основанием для выполнения курсового проекта является допуск студентов и задание на проектирование, содержащее необходимые исходные данные о назначении установки (аппарата), сведения о перерабатываемых веществах, производительности и режимно - технологических параметров.

Курсовой проект состоит из двух основных частей: расчетно-пояснительной записки (РПЗ) и графики.

### 2.2. РАСЧЕТНО - ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Содержание РПЗ, в зависимости от темы курсового проекта, может различаться. Однако во всех случаях она должна содержать все необходимые расчетные материалы и выполняться в определенной последовательности. Материал РПЗ следует располагать в следующем порядке:

1. Задание на проектирование
2. Содержание
3. Введение
4. Расчетная часть
5. Контроль процесса
6. Список литературы

Вспомогательные графики, эскизы, рисунки и др. иллюстрационный материал включается непосредственно в текст записки по ходу изложения.

2.1.1. Задание на проектирование является основным исходным документом при выполнении курсового проекта и обязательно прилагается к РПЗ. начинающейся с титульного листа (см. приложение формы 1 и 2). Титульный лист является верхней частью обложки РПЗ.

2.1.2. Введение. В данном разделе рассматриваются следующие вопросы: назначение установки (аппарата) и описание работы, сравнительный анализ существующих подобных схем установок (аппаратов), а так же краткая характеристика физико-химических свойств перерабатываемого вещества.

Целью рассмотрения указанных вопросов является обоснование выбора типа аппарата, материала его изготовления метода расчета.

Обязательным является эскизное изображение установки или отдельного аппарата с указанием всех материальных потоков (см. приложение форма 3).

2.1.3. Расчетная часть включает следующие основные расчеты.

Материальный баланс и материальный расчет. Целью данного расчета является определение необходимых количественных параметров материальных потоков и расчет показателей процесса в виде расходных коэффициентов. Материальный баланс составляется за единицу времени работы установки и оформляется в виде таблицы (см. приложение форма 4).

Тепловой баланс составляется так же за единицу времени работы установки и оформляется в виде таблицы (см. приложение форма 5). Основной целью составления теплового баланса является определение затрат теплоты на проведение процесса.

Технологический и тепловой расчеты являются основными и представляют наибольшую часть РПЗ. В задачу данного раздела расчета входит определение основных размеров аппаратов, обеспечивающих проведение заданного химико-технологического процесса на оптимальном уровне режимных параметров.

Так, например, при расчете теплообменников различного назначения под основными размерами понимается диаметр кожуха и высота рабочего пространства, при расчете выпарных аппаратов - размеры кипятильника и сепаратора, при расчете колонных аппаратов - диаметр и высота колонн.

Расчетные размеры аппаратов следует в обязательном порядке приводить в соответствии с действующими нормативами на химическую аппаратуру отечественной промышленности.

Механический расчет. Целью данного раздела РПЗ является определением размеров основных элементов аппаратуры, обеспечивающих ее механическую прочность.

Расчету подлежат:

- толщина стенок аппаратов;
- толщина трубных решеток теплообменников;
- толщина крышек и днищ аппаратов;
- опоры аппаратов.

Расчетные значения указанных параметров корректируются в соответствии с действующими стандартами.

Конструктивный расчет. Целью данного этапа расчетов является определение размеров составляющих элементов конструкции аппаратуры,

которые не являются ответственными за механическую прочность аппарата в целом.

Размеры отдельных деталей могут приниматься исходя из конструктивных соображений на основании требований условий монтажа, например вылет штуцеров.

Размеры трубопроводов, а так же штуцеров для ввода и вывода потоков рассчитываются по уравнению неразрывности (сплошности) в соответствии с рекомендациями по выбору скоростей движения. Верхний предел скорости движения потоков лимитируется оптимальным гидравлическим сопротивлением аппарата, а так же коррозионной материалью труб. Предельно-допустимые скорости движения потоков в трубах приведены в таблицах 1,2 и 3 (см. приложение). Окончательные размеры диаметров трубопроводов и штуцеров корректируются в большую сторону в соответствии с действующими стандартами.

В этом же разделе приводится схема расположения труб в трубных решетках и т.д., а так же принятое крепление труб.

Гидравлический расчет. В задачу данного раздела входит расчет гидравлического сопротивления аппарата по каждому из потоков с целью определения необходимости использования насоса или вентилятора для перемещения жидкости или газа. В случае необходимости их использования произвести выбор типа и марки насоса или вентилятора. Выбор осуществляется по действующим каталогам и нормальям на перекачивающие устройства.

Расчет тепловой изоляции. Целью данного расчета является определение необходимой толщины тепловой изоляции на обогреваемых аппаратах (теплообменниках, выпарных установках, ректификационных колоннах и т.д.) для уменьшения тепловых потерь и обеспечения требований СНиП (санитарных норм и правил) по обслуживанию аппаратуры.

Все приведенные расчеты в РПЗ рекомендуется сопровождать схемами, эскизами, помещенными непосредственно в текст.

2.1.4. Контроль процесса. В РПЗ приводится схема установки (аппарата) с указанием точек контроля основных параметров процесса и сводная таблица первичных и вторичных приборов. Как правило контролю подлежат следующие параметры:

- а) расходы жидкостей и газов;
- б) давление в аппарате;
- в) температуры в различных точках аппарата.

2.1.5. Список литературы. В конце РПЗ приводится перечень использованных при проектировании литературных источников (учебников, статей, журналов и т.д.) с указанием библиографических данных. Список составляется в порядке упоминания литературы в тексте РПЗ (пример указания на литературный источник смотрите в п. 3.5.).

### 3. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ И КОМПОНОВКИ РПЗ

#### 3.1. Общие требования.

3.1.1. Объем текстового материала обуславливается темой проекта, глубиной проработки и в целом составляет до 30-40 страниц рукописного текста.

3.1.2. Пояснительная записка должна быть написана аккуратно от руки (допускается печатный текст) на одной или двух сторонах писчей бумаги формата А4 (размеры сторон 210x297 мм).

3.1.3. Поля должны оставаться на всех четырех сторонах листа. Размер левого поля - 25мм, правого - 10мм, верхнего и нижнего - 15мм.

3.1.4. Каждый лист РПЗ должен быть обрамлен. Рамка отстоит сверху, снизу и справа от края листа на 5 мм, а слева - на 20 мм. На всех листах, кроме тех, где есть надписи по форме 6 (см. приложение) указывается номер листа.

3.1.5. РПЗ является официальным документом, поэтому стиль изложения должен быть строгим, корректным, предельно кратким и ясным. Не допускается произвольного толкования изложения установленных положений и закономерностей. Используемая в РПЗ терминология должна быть общепризнанной, а не произвольной.

Недопустима прямая переписка текста из книг. Изложение материала следует вести от первого лица множественного числа (...принимаем,...определяем, рассчитываем и т.д.).

#### 3.2. Титульный лист

Выполняется по форме 1 (см. приложение).

#### 3.3. Задание на курсовое проектирование

Подшивается к РПЗ. Форма 2.

#### 3.4. Содержание

РПЗ разбивается на разделы и подразделы. Разделы обозначаются по порядку арабскими цифрами с точкой в пределах всей РПЗ. Подразделы нумеруются только в пределах данного раздела. Например:

- |                                                    |               |
|----------------------------------------------------|---------------|
| 4. Расчетная часть                                 | - (раздел)    |
| 4.1. Материальный баланс                           | - (подраздел) |
| 4.2. Тепловой расчет                               | - (подраздел) |
| 4.2.1. Тепловой баланс                             |               |
| 4.2.2. Определение коэффициента теплоотдачи и т.д. |               |

Сокращения и переносы слов в заголовках не допускаются. Точка в конце заголовка не ставится. Не допускаются подчеркивания заголовков.

3.4.1. На заглавном листе каждого раздела (т.е. 1, 2, 3, 4 и т.д.) выполняется основная надпись по форме 6 (см. приложение).

3.4.2. В тексте РПЗ допускается только общепринятые сокращения, например: и т.д., и т.п.

### 3.5. Правила использования формул и уравнений

3.5.1. Не допускается произвольное обозначение параметров, входящих в уравнение. Приводимые уравнения должны полностью соответствовать литературному источнику с обязательной ссылкой на него (указывается его номер п/п в квадратных скобках). Уравнение должно быть приведено в той же системе единиц измерения. В последующем данное уравнение может быть преобразовано в соответствии с задачей расчета.

3.5.2. После приведения уравнения вначале приводится расшифровка всех входящих в него величин с указанием размерностей.

3.5.3. Нумерация формул и уравнений производится с правой стороны арабскими цифрами в круглых скобках. Нумерация приводится в пределах данного раздела, при этом первая цифра указывает номер раздела, а вторая через точку - номер уравнения в пределах данного раздела.

3.5.4. После приведения уравнения и его расшифровки производится подстановка соответствующих значений величин обязательно в том же порядке, в каком стоят буквенные обозначения. Промежуточные вычисления опускаются, и сразу приводится окончательный результат.

Пример использования уравнений в соответствии с п.3.5. настоящих указаний:

“Величину необходимой поверхности теплообмена определяем на основе уравнения теплопередачи [1]:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}}. \quad (2.1)$$

здесь:

Q - тепловая нагрузка аппарата [Вт],

K - коэффициент теплопередачи [Вт/м<sup>2</sup>·К],

F - поверхность теплообмена [м<sup>2</sup>],

$\Delta t_{\text{ср}}$  - средняя движущая сила процесса теплопередачи [°К].

В соответствии с приведенным уравнением поверхность теплообмена определяем следующим образом:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{10^6}{10^3 \cdot 50} = 20 \text{ [м}^2\text{]}$$

### 3.6. Оформление иллюстраций и приложений

3.6.1. Количество иллюстраций (схем, графиков т.д.), помещаемых в текст РПЗ, обуславливается ее содержанием и должно быть достаточным для того, чтобы придать ясность и конкретность излагае-

мому материалу. В то же время не следует перегружать текст элементарными схемами.

3.6.2. Все иллюстрации именуется рисунками (сокращено рис.).

3.6.3. Номера рисунков проставляются арабскими цифрами в пределах данного раздела.

3.6.4. Все приводимые иллюстрации выполняются карандашом и сопровождаются подрисовочным текстом.

3.6.5. При ссылке в тексте РПЗ на рисунок, указывается только его номер (по п. 3.6.3.).

3.6.6. Размещать рисунки следует сразу после их упоминания в тексте.

3.6.7. Схемы установок или аппаратов в эскизном варианте выполняются без масштаба в соответствии с правилами выполнения схем ЕСКД. Образцы выполнения схем установок и аппаратов приведены в приложении (форма 3).

3.6.8. Правила построения графиков. При выполнении некоторых расчетов (выпаривание, ректификация т.д.) требуется использование графических зависимостей. Строить графики рекомендуется на миллиметровой бумаге. Перед построением графиков выбирается схема координат. Исходя из пределов, в которых заключены значения аргумента и функции выбирается масштаб координатных осей (осей X и Y независимо друг от друга). Целесообразно на график нанести масштабную сетку. Вдоль координатных осей указывается их обозначение с размерностями величин. После нанесения точек  $Y=f(X)$  с использованием лекал (если это допускается) проводится плавная линия - график зависимости. Образцы выполнения графиков приведены в приложении (форма 7).

### 3.7. Таблицы

Цифровой материал, как правило, оформляется в виде таблиц.

3.7.1. Каждая таблица должна иметь порядковый номер в пределах данного раздела. Например: Таблица 2.1.

3.7.2. После номера таблицы указывается ее содержание в виде заголовка.

3.7.3. Заголовки отдельных граф таблицы начинаются с прописных (заглавных) букв.

3.7.4. Таблица помещается в тексте РПЗ сразу после упоминания. Не рекомендуется располагать таблицу с переносом ее на следующую строку. Если же таблица громоздкая, то допускается ее перенос на следующую страницу. При этом заголовок таблицы и ее отдельных граф не повторяются, а указываются соответствующей нумерацией.

3.7.5. Если в РПЗ только одна таблица, то ее не нумеруют и слово “таблица” в заголовке к ней не упоминают. Оформление таблицы приведено в приложении (форма 4).

### 3.8. Список использованных источников

3.8.1. В список включаются все без исключения использованные источники.

3.8.2. Наименование источников в списке располагаются по порядку, в соответствии с появлением ссылок в тексте РПЗ.

3.8.3. Список литературы оформляется в соответствии с основными положениями и правилами описания произведений печати, регламентируемых ГОСТ 7.1-16.

3.8.4. Сведения о книгах должны включать: фамилии и инициалы авторов, заглавие книги, место издания, издательство, год издания, количество страниц.

Фамилии авторов приводятся в именительном падеже через запятую. После наименования книги ставится точка и тире. Затем указывается место издания (Москва - М., Ленинград - Л., Москва-Ленинград-М.- Л.). Далее ставится двоеточие и указывается издательство и через запятую приводится год издания.

При наличии авторов более трех приводятся фамилии только первых трех с добавлением “и др.”.

Примеры описания книг:

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. -М.: Химия, 1973. - 732 с.
2. Чернобыльский и др. Машины и аппараты химических производств. - Москва - Киев.: Машгиз, 1962.- 521 с.

3.8.5. Если приводится справочник, имеющий, как правило, несколько авторов (более трех) и одного общего редактора, то вначале указывается наименование справочника, затем через двоеточие - слово “Справочник” и далее в скобках указываются фамилии авторов по общепринятому правилу. Затем приводится фамилия редактора по плану - Под ред. Ф.И.О. (в родительном падеже). После этого место издания, издательство, год издания и количество страниц.

Пример описания справочника:

1. Тепло-массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник (Аметистов Е.В., Григорьев В.А., Емцев Б.Т. и др.): Под общ. ред. Григорьева В.А. и Зорина В.М. - М.: Энергоиздат, 1982. - 512 с., ил. - (Теплоэнергетика и теплотехника).

3.8.6. Сведения о статье из периодического издания напр. журнала (должны включать фамилию и инициалы авторов, наименование издания (журнала), наименование серии (если таковая имеется), год вы-

пуска, том (если есть), номер издания, номера страниц, на которых приведена статья.

Примеры описания статьи:

1. Молоканов Ю.К. Теоретич. основы химич. технол., 1972, т.6, №3, с.469-471.

3.8.7. Для иностранных изданий все данные приводятся на языке оригинала.

### 3.9. Ссылки

3.9.1. При ссылке в тексте на источники документальной информации приводится порядковый номер по прилагаемому списку литературы, заключенный в квадратные скобки, например: “по данным Молоканова [1]”.

## ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

4.1. Графическая часть курсового проекта выполняется на одном или двух листах формата А1 с размерами сторон 594x841 мм.

4.1.1. На первом листе приводится оборочный чертеж основного аппарата (общий вид) со всеми необходимыми размерами и сечениями, поясняющими основные конструктивные особенности данного аппарата. Количество проекций аппарата должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы обеспечить возможность сборки аппарата из отдельных узлов и деталей. На этом же листе приводится характеристика аппарата, технические условия его сборки и эксплуатации, а также таблица штуцеров с указанием их назначения и диаметра условного проходного сечения ( $D_v$ ). На этом же листе помещается спецификация. Если спецификация выполняется на отдельных листах формата А4, то она подшивается к РПЗ. Спецификация заполняется в соответствии с разделом 4.4 настоящих методических указаний.

4.1.2. На втором листе (по заданию руководителя проекта) приводится одна сборочная единица или сборный узел. Рекомендуется на этом же листе произвести подетальную его разработку. При этом формат А1 разбивается на ряд мелких форматов (А2, А3, А4) в зависимости от необходимости.

Обозначение и размеры форматов.

Обозначение формата	А1	А2	А3	А4
Размер сторон листа формата в мм	594x841	549x420	297x420	297x210
Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением сторон основных форматов на величину, кратную размерам формата А4.				

4.2. Все без исключения чертежи выполняются в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД ГОСТ 2.001-70).

4.2.1. Для сборочного чертежа основного аппарата, отдельных его узлов и деталей рекомендуются следующие масштабы:

Масштабы уменьшения	1:2	1:2,5	1:4	1:5	1:15	1:20	1:25	1:40	1:50
Натуральная величина	1:1								
Масштабы увеличения	2:1	2,5:1	4:1	5:1	10:1	20:1	40:1	50:1	100:1

Предпочтительнее, если есть возможность, чертежи изделий выполнять в натуральную величину.

4.2.2. Масштаб, указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа (графа 6 формы 8 приложения), обозначается по типу: 1:1, 1:2, 2:1 и т.д. В остальных же случаях при выполнении изображений местных разрезов и сечений не в масштабе основного чертежа - по типу М 1:1, М 1:2 и т.д.

4.2.3. Надписи на чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.304 - 68 с наклоном букв и цифр около 75°. Наименования, заголовки, обозначения в основной надписи и на поле чертежа допускаются писать без наклона.

#### 4.3. Основные надписи

4.3.1. Основные надписи на листах чертежей и пояснительной записки выполняются в соответствии с ГОСТ 2.104 - 68 по формам 6 и 8 (см. приложение).

4.3.2. Основные надписи, дополнительные графы к ним и рамки выполняются сплошными тонкими линиями.

4.3.3. Основные надписи располагаются в правом нижнем углу чертежей и схем.

4.3.4. В графах основной надписи и дополнительных графах (номера граф на формах показаны в скобках) указываются:

В графе 1 - наименование изделия. Наименование изделия указывается, возможно, более кратко, в именительном падеже и единственном числе. При наименовании, состоящем из нескольких слов, на первое место ставится имя существительное, например: "Решетка трубная", "Тарелка ситчатая" и т.д.

В графе 2 - пишется обозначение (см. раздел 4.5).

В графе 3 - обозначение материала изготовления деталей, например "12Х18Н10Т". Эта графа заполняется только на чертежах деталей.

В графе 4 - литеру, присвоенную данному проекту по ГОСТ 2.103 - 60, например: технический проект - "Т", эскизный проект - "Э".

В графе 5 - масса изделия в кг, при этом слово "кг" не пишется. При разработке курсовых проектов допускается эту графу не заполнять.

В графе 6 - масштаб.

В графе 7 - порядковый номер издания. Первый номер присваивается листу, на котором изображен главный вид аппарата.

В графе 8 - общее количество листов.

В графе 9 - индекс факультета, номер группы, например: ТПУ ХТФ гр.5710.

В графе 10 - записываются сверху вниз: студент, руководитель, консультанты. Нижняя строка - норма - контроль.

В графе 11 - фамилии и инициалы лиц, указанных в графе 10.

В графе 12 - подписи указанных лиц.

В графе 13 - даты подписания документа.

Графы 14 - 18 не заполняются.

В графе 19 - инвентарный номер, присвоенный проекту после сдачи его в архив.

В графе 20 - подпись лица, принявшего проект на хранение.

В графе 21 - порядковый номер листа курсового проекта.

В графе 22 - всего листов в проекте, проставляется только на 1 листе.

В графе 23 - пишется обозначение документа, повернутое на 180°.

#### 4.4. Спецификация

4.4.1. В соответствии с ГОСТ 2.108 - 68 спецификация составляется на отдельных листах формата А4 (297x210мм) на каждую оборотную единицу по формам 9 и 10.

4.4.2. В спецификацию вносятся все основные части, входящие в специфицируемое изделие.

4.4.3. В курсовом проекте спецификация составляется на сборочные единицы, при этом в нее включаются только составные части специфицируемых изделий. На каждую составную часть (представляемую на втором листе графической части) составляется своя поддетальная спецификация.

4.4.4. Таблица спецификации содержит следующие графы (см. формы 9 и 10): формат, зона, позиция, обозначение, наименование, количество и примечание. Данные о материале, из которого изготавливается деталь и условия его обработки (например, термической с указанием твердости) указываются только на чертежах деталей. В курсовых проектах допускается, если это необходимо, для особо ответственных деталей некоторых сборочных узлов, в графе "примечание" спецификации данного узла для деталей указывать материал изготовления и способ термообработки. Например: сталь 45  $R_c=40\div50$ , что означает - деталь изготовления из стали 45 и закаливается до твердости 40÷50 ед.

В РПЗ должен быть специальный раздел (обычно во введении или технико-экономическом обосновании), посвященный выбору материала изготовления аппарата и его отдельных узлов (или деталей), а также выбору обтюрации (прокладочных материалов для обеспечения герметичности соединений).

4.4.5. Спецификации подшиваются в РПЗ в виде приложения.

4.4.6. Спецификация составляется по разделам в следующей последовательности: сборочные единицы, детали, стандартные изделия, материалы, комплекты.

Наименование каждого раздела указывается в виде заголовка в графе "Наименование" и подчеркивается. В разделе "Сборочные единицы" и "Детали" вносятся сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие.

4.4.7. Запись специфицируемых сборочных единиц и деталей при выполнении курсового проекта рекомендуется производить по однородным группам: (крышка, днище, корпусные детали и т.д.). Внутри каждой группы - в алфавитном порядке наименование изделий (деталей).

4.4.8. В разделе "Стандартные изделия" записываются изделия, применяемые в проекте по государственным или иным стандартам.

4.4.9. В разделе "Прочие изделия" вносятся изделия, применяемые по основным конструкторским документам (по техническим условиям, каталогам, прейскурантам и т.д.).

4.4.10. В разделе "Материалы" вносятся все материалы, необходимые для изготовления сборочной единицы, за исключением материалов изделия (например припои, клеи и т.д.).

4.4.11. В остальные графы таблицы спецификации записывается следующее:

а) в графе "формат" указывается формат документов, обозначения которых записываются в графе "Обозначения" в данном случае предполагается формат, на котором, выполнен чертеж сборочной единицы или детали). Для изделий, записанных в разделы "Стандартные изделия", "Прочие изделия" и "Материалы" графа не заполняется. Для деталей или сборочных единиц (узлов), на которых не разработаны чертежи, в этой графе указывается "БЧ" (без чертежа).

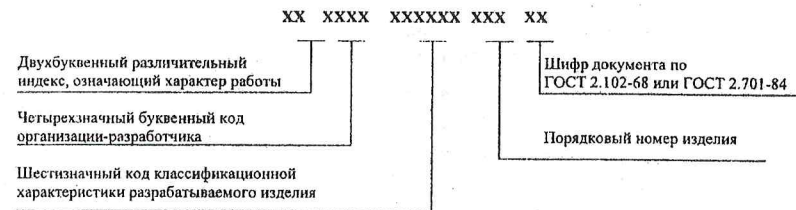
б) в графе "Зона" указывается наименование (обозначение) зоны в которой находится записываемая в спецификацию составная часть (сб. узел или деталь) при разбивке чертежа на зоны. Обычно при выполнении курсовых проектов указанная графа не заполняется.

в) в графе "Поз" указываются порядковые номера составных частей специфицируемого изделия.

г) в графе "Примечание" указывается при необходимости материал изготовления детали.

#### 4.5. Обозначение

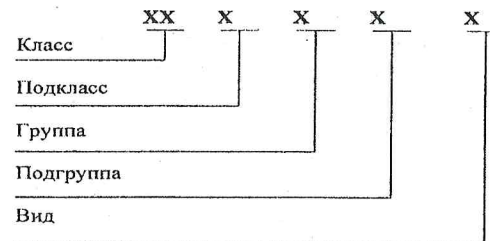
4.5.1. Обозначение конструкторских документов на разрабатываемое изделие в целом (это может быть пояснительная записка или сборочный чертеж) должно включать в себя в указанной последовательности



Двухбуквенный различительный индекс. Для курсового проекта утвержден следующий индекс – КП.

Четырехзначный буквенный код. Для ТПУ утвержден код – ФЮРА.

Шестизначный код классификационной характеристики разрабатываемого изделия выбирается по соответствующему классификатору ЕСКД. В общем случае этот код является информационной частью обозначения. В соответствии со стандартом он представляет собой пятиступенчатый цифровой код классификационной характеристики, структура которого имеет следующий вид:



Всего классификатор ЕСКД имеет 100 классов. В настоящее время 50 из них разработано, а 50 является резервными.

Каждый класс изделий машино- и приборостроения последовательно делится на 10 подклассов, каждый подкласс - на 10 групп, каждая группа на 10 подгрупп, каждая подгруппа на 10 видов.

Классификатор построен по иерархическому методу классификации, основанному на дедуктивном логическом давлении классифици-



руемого множества. Этот принцип обеспечивает последовательно увеличивающуюся конкретизацию признаков изделий на разных уровнях деления. Поэтому каждому изделию в Классификаторе соответствует только одна классификационная характеристика.

Примеры обозначения документов в курсовом проекте по процессам и аппаратам химической технологии:

1. Расчетно-пояснительная записка по проектированию химико-технологического аппарата:  
КП - ФЮРА. 360000.001. ПЗ
2. Сборочный чертеж аппарата:  
КП - ФЮРА. 360000.001. СБ
3. Деталь сборочной единицы:  
КП - ФЮРА. 360000.001.
4. Технологическая схема принципиальная:  
КП - ФЮРА. 360000.001. ТЗ.

В указанных примерах индекс 360000 означает продукцию химического и нефтяного машиностроения. Для более полного обозначения проектируемых аппаратов, соответствующих данному классу, следует обратиться к классификатору (см. п. 8.25 списка литературы).

## 5. ПАМЯТКА, ВЫПОЛНЯЮЩИМ КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

5.1. Необходимо помнить, что сборочные чертежи аппаратов предназначаются для разработки технологии их сборки из сборочных единиц (узлов) и готовых изделий. Поэтому на сборочных чертежах приводятся только те условные обозначения (например, установочные размеры, типы соединений узлов и деталей и т.д.), которые необходимы для сборки, а не для изготовления деталей.

5.2. При выполнении детализирования условные обозначения и пояснения приводятся для разработки технологии изготовления деталей (например, размеры деталей и их допуски, обработка поверхностей и т.д.).

5.3. Чертежи выполняются простым карандашом соответствующей твердости, в зависимости от типа чертежной бумаги. Не рекомендуется выполнять чертежи карандашом повышенной твердости (2Т, 3Т), а так же мягким. Следует помнить, что от выбора карандаша во многом зависит чистота и ясность выполняемых чертежей. Кроме того, следует знать, что в производственных условиях рабочими чертежами являются копии снятые с оригинала.

5.4. При выполнении чертежей деталей и сборочных чертежей необходимо пользоваться нормативно-технической документацией, приведенной в разделе рекомендуемой литературы под п.8.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

6. **Основные вопросы по расчетам процессов и аппаратов**
  - 6.1. **Основные вопросы по расчетам процессов и аппаратов**
    - 6.1.1. Обишкин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Изд. 9-е. - М.: Химия, 1973. - 750с.
    - 6.1.2. Касалов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по процессам и аппаратам химической технологии. Изд. 8-е. - М.: Химия, 1976. - 552с., Изд. 9-е. - Л.: Химия, - 1980.
    - 6.1.3. Павлов Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. т.11. - М.: Химия, 1981. - 812с.
    - 6.1.4. Перельман Л.И., Романков В.Н. и др. Процессы и аппараты пищевых производств. Пищевая промышленность, 1976. - 664с.
    - 6.1.5. М.: Реа О., Смигельский О. Расчеты по процессам и аппаратам химической технологии. - М.: Химия, 1971. - 448с.
    - 6.1.6. Флоринский И.И. Машины и аппараты химических производств (Чернобыльский сборник). Под ред. Чернобыльского И.И.) Изд. 3-е, переработанное и доп. - М.: Машиностроение, 1975. - 454с.
    - 6.1.7. И.И. Флоринский А.Н., Николаев Н.И. Процессы и аппараты химической технологии нефтехимической технологии. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Химия, 1972. - 493с.
    - 6.1.8. Химиоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. Учебник для техникумов. - Л.: Химия, 1991. - 352с., 2-е изд.
    - 6.1.9. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию (Под ред. Ю.И. Дытнерского. - М.: Химия, 1983. - 272с., ил.
  - 6.2. **Аппараты для массообменных процессов**
    - 6.2.1. Романков В.Н. Расчет и конструирование контактных устройств, ректификационных и абсорбционных аппаратов. - Киев.: Техника, 1970. - 208с.
    - 6.2.2. Романков В.Н. Ректификационные аппараты. - М.: Машиностроение, 1965. - 356с.
    - 6.2.3. Стасандров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Изд. 3-е, перераб. и доп., - М.: Химия, 1978. - 280с.
    - 6.2.4. Алехин С.А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации. Изд. 3-е. - М.: Химия, 1974. - 440с.
    - 6.2.5. Багдасарян В.М. Абсорбция газов. - М.: Химия, 1966. - 767с.
    - 6.2.6. Рамон В.Т., Серафимов Л.А. Физико-химические основы дистилляции и ректификации. - Л.: Химия, 1975. - 240с.
    - 6.2.7. Жаргонные аппараты. Каталог-справочник. УкрНИИХИММАШ. - Днепропетровск: ИНТИХИМНЕФТЕМАШ, - 1966. - 56с.

### 6.3. Расчет выпарных аппаратов

- 6.3.1. Таубман Е.И. Выпаривание (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) - М.: Химия, 1982. - 328с.
- 6.3.2. Чернобыльский И.И. Выпарные установки. - Киев: Изд. Киевского ун-та, 1960. - 262с.
- 6.3.3. Теплотехнический справочник (редакторы Юренов В.Н., Лебедев П.Д.) Изд. 2-е, т.11. - М.: Энергия, 1976. - 896с.
- 6.3.4. Федоткин И.М., Ткаченко С.И. Теплогидродинамические процессы в выпарных аппаратах. - Киев.: Техника, 1975. - 212с.
- 6.3.5. Аппараты выпарные трубчатые вертикальные общего назначения, Каталог - справочник. Типы аппаратов. - М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1972. - 39с.
- 6.3.6. ГОСТ 11987-81. Аппараты выпарные трубчатые. Типы, основные параметры.
- 6.3.7. Труб И.А. Каскадные конденсаторы смешения. - М.: Пищевая промышленность, 1969. - 120с.
- 6.3.8. Выпарные вертикальные трубчатые аппараты общего назначения. Каталог. - М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1979 - 2с.

### 6.4. Расчет теплообменников

- 6.4.1. Хоблер Т. Теплопередача и теплообменники. - Л.: Госхимиздат, 1961. - 820с.
- 6.4.2. Кичигин М.А., Костенко Г.И. Теплообменные аппараты и выпарные установки. - М.: Госэнергоиздат, 1956. - 392с.
- 6.4.3. Григорьев В.А. и др. Краткий справочник по теплообменным процессам. - М.: Госэнергоиздат, 1962. - 252с.
- 6.4.4. Бакластов А.М., Горбенко В.А., Удыма П.Г. Проектирование монтажа и эксплуатация теплообменных установок. - М.: Энергоиздат, 1981. - 336с.
- 6.4.5. Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Я. Пластинчатые и спиральные теплообменники. - М.: Машиностроение, 1973. - 288с.
- 6.4.6. Кошкин В.К., Калинин Э.К. Теплообменные аппараты и теплоносители. - М.: Машиностроение, 1971. - 240с.
- 6.4.7. Маньковский О.М., Толчинский А.Р., Александров М.В. Теплообменная аппаратура химических производств. - Л.: Химия, 1976. - 368с.

### 6.5. Расчет сушильных установок

- 6.5.1. Лебедев П.Л. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. - М.: Энергия, 1972. - 320с.
- 6.5.2. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок. - М.: Л.: Госэнергоиздат, 1963. - 320с.

- 6.5.3. Лыков М.В., Леончик Б.И. Распылительные сушилки. - М.: Химия, 1970. - 331с.
- 6.5.4. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. - М.: Химия, 1970. - 429с.
- 6.5.5. Гинсбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. - М.: Пищевая промышленность, 1976. - 248с.
- 6.5.6. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. - Л.: Химия, 1968.
- 6.5.7. Левченко П.В. Расчет печей и сушил силикатной промышленности. - М.: Высшая школа, 1968. - 267с.

## 7. ЛИТЕРАТУРА К ОТДЕЛЬНЫМ ОБЩИМ РАЗДЕЛАМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### 7.1. Справочная литература

- 7.1.1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Изд. УШ-е. - Л.: Химия, 1976. - 552с.
- 7.1.2. Перри Дж.Г. Справочник инженера-химика. Перев. с 4-го англ. изд., т.11 и т.1. - Л.: Химия, 1969. - 640-504с.
- 7.1.3. Справочник химика (гл. редактор Никольский Б.П.). - М. - Л.: Химия, т.1, изд. 2-е, 1964. - 1008с., т.У, изд. 2-е, 1968.
- 7.1.4. Бредштейнер С. Свойства газов и жидкостей. Инженерные методы расчета. Перевод с польск. - М. - Л.: Химия, 1966, - 536с.
- 7.1.5. Рид Р., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Перевод с 1-го англ. изд. - М.: Гостопиздат, 1966. - 335с.
- 7.1.6. Рид Р., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Перевод со 2-го англ. изд. - Л.: Химия, 1971. - 704с.
- 7.1.7. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки.: Справочник (Рабинович Г.Г., Рябых П.П., Хохряков П.А. и др.: Под ред. Судакова Е.Н.) - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1979. - 568с., ил.
- 7.1.8. Варгафтиг Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Наука, 1972. - 720с., ил.
- 7.1.9. Романков П.Г., Носков А.А. Сборник расчетных диаграмм по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Изд. 2-е. - М. - Л.: Химия, 1977. - 24с., ил.
- 7.1.10. Краткий справочник физико-химических величин (Мищенко К.П., Редвиль А.А.) Изд. 7-е, испр. - Л.: Химия, 1974. - 200с., ил.
- 7.1.11. Чернышев А.К., Поправский К.Л., Заичко Н.Д. Сборник номограмм для химико-технологических расчетов. - Л.: Химия, 1969. - 280с., ил.

7.1.12. Столяров Е.А., Орлова Н.Г. Расчет физико-химических свойств жидкостей. Справочник. - Л.: Химия, 1975. - 112с., ил.

## 7.2. Механический и конструктивный расчеты

7.2.1. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов.: Справочник. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-е, 1981, - 382с.

7.2.2. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник (под ред. Логинова Н.И. - 2-е изд., перераб. и доп. (-Л.: Машиностроение, 1970. - 752с.

7.2.3. Криворот А.С. Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. - М.: Машиностроение, 1976. - 373с.

7.2.4. Домашнев А.Д. Конструирование и расчет химических аппаратов. - М.: Машгиз, 1961. - 624с.

7.2.5. Бакластов А.А. и др. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок: Учебное пособие для вузов А.М. Бакластов, В.А. Горбенко, П.Г. Удыма. Под ред. А.М. Бакластова. - М.: Энергоиздат, 1981. - 236с.

7.2.6. Топтуненко Е.М. Основы конструирования и расчета химических аппаратов и машин. - Киев: Выш. шк., т. 1, 11, 1974. - 242с.

7.2.7. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. - М.: Металлургия, 1975. - 65с.

7.2.8. Шрейбер Г.К., Перлин С.М., Шибряев П.Е. Конструкционные материалы в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности. Справочное руководство. - М.: Гострмтехиздат, 1962. - 382с.

## 7.3. Контроль и автоматизация процессов

7.3.1. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств.: Машиностроение, 1974.

7.3.2. Мурин Г.А. Теплотехнические измерения.: Госэнергоиздат, 1958.

7.3.3. Шкатов Е.Ф., Шувалов В.В. Основы автоматизации технологических процессов химических производств: Учебник для техникумов. М.: Химия, 1988. - 304с.

## 8. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

8.1. Федоренко В.А., Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. - 14-е изд., перераб. и доп. (Под ред. Г.И. Поповой. - Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-е, 1981. - 416с.

8.2. Единая система конструкторской документации ЕСКД. Основные положения. ГОСТ 2.101 - 68 - ГОСТ 2.109 - 66.: Госстандарт СССР. - М., 1970.

8.3.	ГОСТ 2.102-68	ЕСКД	Виды и комплектность конструкторских документов.
8.4	ГОСТ 2.104-68	ЕСКД	Основные надписи.
8.5.	ГОСТ 2.106-68	ЕСКД	Текстовые документы.
8.6.	ГОСТ 2.109-73	ЕСКД	Основные требования к чертежам.
8.7.	ГОСТ 2.113-75	ЕСКД	Групповые и базовые конструкторские документы.
8.8.	ГОСТ 2.301-68	ЕСКД	Форматы.
8.9.	ГОСТ 2.302-68	ЕСКД	Масштабы.
8.10.	ГОСТ 2.303-68	ЕСКД	Линии.
8.11.	ГОСТ 2.304-81	ЕСКД	Шрифты чертежные.
8.12.	ГОСТ 2.305-68	ЕСКД	Изображения-виды, разрезы, сечения.
8.13.	ГОСТ 2.306-68	ЕСКД	Изображения графических материалов и правила нанесения их на чертежах.
8.14.	ГОСТ 2.307-68	ЕСКД	Нанесение размеров и предельных отклонений. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
8.15.	ГОСТ 2.308-79	ЕСКД	Указания на чертежах допусков форм и расположения поверхностей.
8.16.	ГОСТ 2.309-73	ЕСКД	Обозначение поверхностей шероховатости.
8.17.	ГОСТ 2.310-68	ЕСКД	Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.
8.18.	ГОСТ 2.311-68	ЕСКД	Изображение резьбы.
8.19.	ГОСТ 2.312-72	ЕСКД	Условные обозначения и обозначения швов сварных соединений.
8.20.	ГОСТ 2.314-68	ЕСКД	Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий.
8.21.	ГОСТ 2.315-68	ЕСКД	Изображения упрощенные и условные крепежных деталей.
8.22.	ГОСТ 2.316-68	ЕСКД	Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.
8.23.	ГОСТ 2.317-69	ЕСКД	Аксонметрические проекции.
8.24.	ГОСТ 2.318-81	ЕСКД	Правила упрощенного нанесения размеров отверстий.
8.25.	ГОСТ Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93, т.1, - М.: Изд-во Стандарт, 1994.		

## ПРИЛОЖЕНИЕ

(Форма 1)

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Фак. \_\_\_\_\_

наименование

Каф. \_\_\_\_\_

наименование

Группа \_\_\_\_\_

номер

\_\_\_\_\_ (наименование темы проекта прописными буквами)

Пояснительная записка к курсовому проекту  
по дисциплинам "Процессы и аппараты химической  
технологии"

**КП ФЮРА ХХХХХХ ХХХ ПЗ**

(обозначение по классификатору)

Руководитель проекта  
(должность, уч. степ., звание)  
(подпись) и.о. фамилия (дата)

Исполнитель  
студент  
(подпись) и.о. фамилия (дата)

2004г.

(Форма 2)

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Фак. \_\_\_\_\_

наименование

Каф. \_\_\_\_\_

наименование

Группа \_\_\_\_\_

номер

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ и.о. фамилия

подпись

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

по подготовке курсового проекта по дисциплине  
“Процессы и аппараты химической технологии”

Выдано студенту \_\_\_\_\_  
фамилия, инициалы

1. Тема: \_\_\_\_\_

утверждена приказом по ТПУ от “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченного проекта \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к проекту: \_\_\_\_\_

4. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов): \_\_\_\_\_

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): \_\_\_\_\_

6. Дата выдачи задания: \_\_\_\_\_

Руководитель проекта

(должность) (уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_ и.о. фамилия

\_\_\_\_\_ дата

Задание принял к исполнению  
 студент \_\_\_\_\_ и.о. фамилия  
 подпись \_\_\_\_\_

дата \_\_\_\_\_

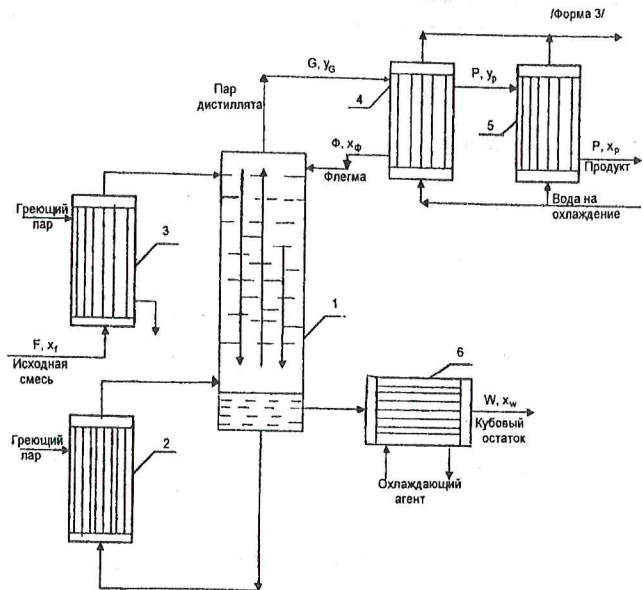


Рис. 1. Принципиальная схема ректификационной установки непрерывного действия:

1 - ректификационная колонна; 2 - выносной куб; 3 - подогреватель исходной смеси; 4 - дефлегматор; 5, 6 - холодильники для продукта /ректификата/ и кубового остатка

/Форма 4/

Таблица \_\_\_\_\_

Материальный баланс ректификационной колонны  
 для разделения бензол-толуольной смеси

Приход	кг/ч	Расход	кг/ч
1. Исходная бензол-толуольная смесь	25000	1. Продукта	5000
		2. Кубового остатка	20000
Итого:	25000	Итого:	25000

/Форма 5/

Тепловой баланс ректификационной колонны  
 для разделения бензол-толуольной смеси

Приход	кВт	Расход	кВт
1. С исходной смесью	2100	1. С паром дистиллята	12150
2. С греющим паром в куб колонны	11000	2. С конденсатом греющего пара	400
3. С флегмой	1500	3. С кубовым остатком	2100
Итого:	14600	4. Тепловые потери	360
		Итого:	14600

Приложение (справочные таблицы)

Таблица 1

Допустимые скорости газов и паров в теплообменниках

Давление в аппарате P, МПа	Скорость $\omega$ в м/с при различных значениях молекулярной массы вещества					
	18	29	44	100	200	400
0,17	36	25	21	15	12,0	10,5
0,45	18	15	12	9	7,0	6,0
0,80	15	12	9	7	5,5	5,0
3,60	10	8,5	6	5	4,0	3,5
7,00	9	7,5	5	4	-	-

Таблица 2

Допустимая скорость движения жидкостей в трубопроводах

Вязкость жидкости, $\mu$ , Па·с	Скорость, $\omega$ , м/с	Вязкость жидкости, $\mu$ , Па·с	Скорость, $\omega$ , м/с
0,001	2,4	0,1÷0,5	0,75
0,001÷0,035	1,8	0,5÷1,0	0,75
0,035÷0,1	1,5	1,5	0,6

Таблица 3

Рекомендуемые скорости движения газов и жидкостей в трубопроводах

Среда	Скорости $\omega$ , м/с
Газ при естественной конвекции	2÷4
Жидкость при давлении самотеком	0,1÷0,3
Жидкость в напорных трубопроводах	0,5÷2,5
Насыщенный водяной пар	40÷60
P = 20 + 50 кПа	15÷40
P > 50 кПа	
Пересыщенный водяной пар	30÷40

