

Министерство образования Российской Федерации  
Казанский государственный технологический университет

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ХИМИЧЕСКИХ,  
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ  
И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ  
ПРОИЗВОДСТВ**

Методические указания  
к курсовому и дипломному проектированию

1999



Составители: ст. преп. К.З.Ахметшин  
доц. В.В.Алексеев  
доц. А.А.Хрусталеv  
доц. С.В.Рачковский  
ст. преп. В.К.Хасанова

Технологическое оборудование химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств: Метод. указания/ Казан. гос. техн. ун-т; Сост.: К.З.Ахметшин и др. Казань, 1999. 32 с.

Приведены рекомендации по сбору материалов к проектированию, по составлению и оформлению пояснительной записки, выполнению расчетов основных видов оборудования; изложен круг вопросов по безопасности и экологической оценке проекта.

Предназначены для студентов специальности 170500 "Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов" и других механических специальностей, выполняющих курсовые и дипломные проекты.

Подготовлены на кафедрах "Машины и аппараты химических производств" и "Промышленная безопасность".

Печатается по решению методической комиссии механических специальностей.

Рецензенты: доц. П.И.Бударин,  
вед. науч. сотр. ВНИИС В.Н.Матюшко

## 1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

### 1.1. Введение

В подготовке инженеров значительное место отводится выполнению курсовых проектов и расчетно-графических заданий. Заключительным этапом обучения является дипломное проектирование. Выполняя курсовой проект по дисциплине "Машины и аппараты химических производств", студент должен проявить элементы самостоятельности и творчества при решении технической задачи. Дипломный проект (работа) является в значительной степени самостоятельной разработкой студента, отвечающего за правильность, надежность и безопасность результатов проектирования.

Некоторые задачи, решаемые в курсовом проекте, отличаются лишь количественно от задач, поставленных в дипломном проекте.

Допускается разработка "сквозного" проекта, когда тема курсового проекта получает развитие при выполнении дипломного проекта или работы.

Оптимальным можно считать вариант, когда студент, участвуя в научно-технических работах одной из кафедр с младших курсов, использует полученные результаты на стадиях курсового и дипломного проектирования.

Допускается замена дипломного проекта дипломной работой, которая имеет научно-исследовательский характер, но обязательно включает в себя конструкторскую (расчетную и графическую) часть.

Основанием для проектирования служит задание, выдаваемое руководителем проекта - преподавателем профилирующей кафедры. Задание выдается перед началом производственной или преддипломной практики,

в ходе которой студент собирает материалы, необходимые для проектирования.

## 1.2. Организация работы над курсовым проектом

1.2.1. Тематика проектов непосредственно связана с теми предприятиями, на которых студенты проходят производственную практику. Объектом курсового проектирования являются аппарат или машина, входящие в конкретную технологическую установку. Темой проекта может быть и разработка лабораторных (экспериментальных) стендов и других объектов для учебных и научно-исследовательских целей кафедр вузов или НИИ. Задание должно нацеливать студента на поиск оригинальных решений, проявление творчества: реконструкцию или модернизацию аппарата (машины) в целом или отдельных его узлов и элементов.

1.2.2. Состав курсового проекта: пояснительная записка, расчеты - до 50 страниц рукописного текста и графическая часть - 4-5 листов в переводе на формат А1 (594×841 мм). Вопросы безопасности и экологичности проектируемого оборудования отражаются в основной части записки, на чертежах и в специальном разделе. Функции нормоконтролера и консультанта по разделу "Безопасность и экологичность проекта" выполняет руководитель курсового проекта, а в необходимых случаях - специально назначенные для этого преподаватели. Выполненный проект представляется к защите с дифференцированной оценкой. Для приема проектов может быть назначена комиссия с участием руководителя.

## 1.3. Организация работы над дипломным проектом

1.3.1. Объектами дипломного проектирования могут быть, в зависимости от степени сложности, 2-3 функционально связанные единицы оборудования технологической установки, оборудование обособленного блока (участка) технологической линии, опытные и промышленные варианты новой техники, созданной на основе научных разработок профильных и других кафедр, отраслевых НИИ.

1.3.2. Состав дипломного проекта (работы): пояснительная записка и расчеты объемом до 100-120 страниц рукописного текста, графическая часть - 10-12 листов в переводе на формат А1.

В состав пояснительной записки, кроме основных, входят разделы: автоматизация производства (до 6 страниц), безопасность и экологичность проекта (до 10-15 страниц), технико-экономическое обоснование (до 15 страниц) и приложения.

1.3.3. По указанным разделам, а также по вопросам патентоведения и библиографии назначаются консультанты с соответствующими кафедрами.

Нормоконтроль проекта проводит либо руководитель, либо специально для этого назначенный преподаватель. Он проверяет соблюдение стандартов и других нормативных материалов при выполнении чертежей, записки и расчетов, степень использования унифицированных и стандартизованных конструкций и т.п.

Завершенный проект с подписями студента и консультантов представляется на окончательную проверку и подпись руководителю. Заведующий кафедрой и руководитель решают вопрос о допуске дипломанта к защите проекта. При необходимости может быть проведен предварительный просмотр (защита) проекта на кафедре. Студенты, имеющие серьезное отставание в ходе проектирования и не представившие проект в срок (указанный в задании), по решению кафедры не допускаются к защите проекта.

Проект со всеми необходимыми подписями направляется на рецензирование.

1.3.4. Защита дипломного проекта проводится на заседании Государственной аттестационной комиссии (ГАК), утвержденной приказом ректора.

Дипломнику дается не более 15 минут на выступление. Во время защиты он излагает основное содержание проекта, обосновывает принятые конструкторские решения, разъясняет полученные результаты, формулирует выводы по выполненной работе, характеризует свой личный вклад в разрабатываемую тему, отразив элементы творчества и новизны по сравнению с существующими (базовыми) вариантами оборудования. Не следует сводить доклад к простому перечислению аппаратуры по технологической схеме, разделов и содержания записки и перечня чертежей.

По окончании выступления студенту задаются вопросы в пределах требований Государственного образовательного стандарта по данной специальности.

Рецензия зачитывается секретарем ГАК, если рецензент отсутствует. При необходимости студент отвечает на замечания рецензента.

При оценке качества проекта используются следующие основные критерии:

- 1) новизна и актуальность разработки;
- 2) самостоятельность и личный вклад студента в проектные решения;
- 3) умелое, обдуманное выступление и защита представленного материала;
- 4) качество графических работ, использование компьютерной технологии;
- 5) практическая ценность проекта и другие показатели.

После обсуждения комиссия выставляет итоговую оценку проекта с учетом мнений рецензента и руководителя проекта и решает вопрос о присвоении квалификации специалиста (инженера) дипломнику.

#### 1.4. Подготовка материалов к проектированию.

##### Рекомендации к работе над проектом

1.4.1. Успех работы над проектом во многом зависит от полноты технического материала, собранного студентом во время производственной (конструкторско-технологической) и преддипломной практики [1].

В технологическом регламенте производства - документе, хранящемся у технолога цеха (отделения), - имеется описание технологической части проекта и разделов по автоматизации процессов, безопасности и экологичности. Чертежи основного оборудования хранятся у механиков или мастеров ремонтно-механической службы. Сведения для экономического обоснования проекта могут быть найдены у экономистов и плановиков-финансистов цеха или предприятия. Технические архивы и лаборатории также могут быть источником необходимой информации.

Основные исходные данные и технические материалы, которые следует выяснить во время практики:

- 1) годовая мощность (производительность) установки (аппарата) по данному виду продукции или сырья;
- 2) составы, концентрации материальных потоков (сырья, полуфа-

рикатов, готовой продукции и т.д.), требования к качеству сырья и готовой продукции;

3) материальные и тепловые балансы или рецептура производства продукта, загрузки в аппараты и т.п.;

4) технологические параметры и условия проведения процессов и работы аппаратов (давление, температурный режим, использование катализаторов, продолжительность отдельных стадий и операций для периодических процессов и т.п.);

5) теплофизические свойства отдельных веществ или их смесей, входящих в рабочие среды (плотность, вязкость, температуры кипения или конденсации, теплоемкость, теплопроводность, теплота парообразования и т.п.), если эти данные потребуются для расчетов оборудования;

6) технические характеристики оборудования, аналогичного тому, что задано на проектирование (габаритные размеры, тип, количество и параметры рабочих органов, мощность, число оборотов, передаточные числа приводных элементов, электродвигателей, поверхность теплообмена и пр.);

7) марки конструкционных материалов для изготовления аппаратуры, сведения о коррозии и защитных покрытиях;

8) условия проведения испытаний на прочность и герметичность.

В последующих разделах также содержатся указания побору материалов на базе практики.

Часто производственное оборудование не отвечает современному уровню достижений науки и техники и имеет недостатки, выявленные при эксплуатации — так называемые "узкие места". Во время практики следует изучить опыт предприятия и изобразить этих недостатков.

1.4.2. В процессе проектирования полезно придерживаться некоторых рекомендаций:

1) следует критически отнестись к техническим материалам, собранным в период практики, так как в них могут быть отклонения от параметров фактически работающего оборудования, отклонения от действующих стандартов и нормативов, в том числе стандартов ЕСКД и методов расчетов;

2) перед началом выполнения проекта студент должен разработать и согласовать с главным консультантом календарный график работы на

весь период с указанием очередности и сроков выполнения отдельных этапов;

3) расчеты и чертежи нужно выполнять параллельно, причем расчеты опережают конструирование или выполняются вслед за разработкой конструкции для ее корректировки;

4) следует по возможности больше использовать средства для автоматизации проектирования, вычислительную технику для выполнения сложных или больших по объему расчетов, устройства для отображения результатов проектирования (графопостроители, дисплеи, принтеры и пр.).

## 2. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА. РАСЧЕТЫ

По ГОСТ 2.105-68 (ЕСКД) [2-4] предусмотрены текстовые конструкторские документы, содержащие в основном сплошной текст (пояснительная записка, расчеты и др.), и документы, содержащие текст, разбитый на графы (спецификации, ведомости, таблицы и т.п.).

В учебных проектах все текстовые документы комплектуются в папку, которая условно называется расчетно-пояснительной запиской. В дальнейшем изложении это название используется для удобства, хотя ГОСТом оно не предусмотрено.

### 2.1. Содержание пояснительной записки

Пояснительная записка курсового и дипломного проекта включает в себя следующие документы и разделы:

- ✓ 1) титульный лист;
- ✓ 2) лист нормоконтроля;
- ✓ 3) задание;
- ✓ 4) аннотация (реферат);
- ✓ 5) содержание;
- ✓ 6) введение;
- 7) разделы записки:
  - ✓ - технологическая часть;
  - ✓ - проектные предложения;
  - конструкторско-механическая часть;



- - автоматизация технологических процессов и КИП;
- - безопасность и экологичность проекта;
- - технико-экономическое обоснование с заключением;
- 8) список использованной литературы;
- 9) перечень графического материала;
- 10) приложения;
- 11) спецификации.

В записке курсового проекта раздел "Автоматизация технологических процессов и КИП" может быть включен по усмотрению руководителя, а вопросы, касающиеся технико-экономического обоснования целесообразности проектирования, излагаются во введении и технологической части.

Расчетно-пояснительная записка дипломной работы в отличие от дипломного проекта в разделе пункта 7 включает в себя научно-исследовательскую часть, имеющую характер отчета по научно-исследовательской или опытно-конструкторской теме.

Научно-исследовательская часть записки дипломной работы состоит из следующих подразделов:

- 1) литературный обзор с критическим анализом современного состояния вопроса по данным отечественных и зарубежных источников, патентные исследования, а также выводы по обзору и постановка задачи исследований;
- 2) описание экспериментальной установки (стенда);
- 3) описание методики проведения эксперимента;
- 4) результаты исследования, обсуждение и обобщение опытных данных, сопоставление полученных результатов с исходными теоретическими положениями или результатами других авторов;
- 5) метрология, оценка погрешностей;
- 6) выводы или рекомендации по проектированию.

## 2.2. Указания по выполнению записки

Ниже приведены общие положения по выполнению записки для курсовых и дипломных проектов.

2.2.1. Аннотация (0,5-1,0 с.) представляет сжатую характеристику проекта (работы), включая графическую часть, с точки зрения его

содержания, решенной технической задачи и значимости полученных результатов.

2.2.2. Содержание включает в себя наименование всех разделов и документов, перечисленных выше, начиная с "Введения" и кончая "Приложением", в том числе и наименования подразделов, если таковые имеются, с указанием номера страницы.

2.2.3. Во введении необходимо указать целесообразность и значимость разрабатываемой темы.

2.2.4. Технологическая часть. Этот раздел записки может состоять из следующих подразделов.

2.2.4.1. Физико-химические основы процессов, происходящих в установке. Дается обоснование выбора метода (способа) производства и его краткое описание. Для химических процессов приводят уравнения основных и побочных реакций, излагают в краткой форме влияние различных факторов (температуры, давления, соотношения реагентов и т.п.) на равновесие обратимых процессов и на скорость реакций, раскрывается целесообразность применения катализаторов. Описание физико-химических условий процессов следует увязать с соответствующими законами и положениями химии, термодинамики и физической химии. В результате анализа обосновываются принятые в промышленных установках параметры и условия проведения процессов.

2.2.4.2. Описание технологической схемы проектируемого блока установки. Излагается последовательность движения материальных потоков и теплоносителей, назначение отдельных элементов схемы (аппаратов, машин), происходящие в них процессы, указываются технологические параметры в отдельных точках схемы, на входе потоков в аппараты и выходе из них. Часть этих параметров находится в дальнейшем при расчете материальных и тепловых балансов. Копия технологической схемы (без КИП и средств автоматизации) приводится в записке.

2.2.4.3. Обоснование и описание конструкции и работы проектируемых аппаратов (машин). Приводят обзор конструкций по литературным источникам, в том числе результаты патентного поиска, сравнительную характеристику различных вариантов с выбором проектного решения. Описание может сопровождаться эскизами или схематичным изображением оборудования и его элементов.

2.2.4.4. Материальные и тепловые балансы. Основой для их расче-

та служат данные из технологического регламента, взятые во время практики. Для выполнения технологических расчетов необходимо пересчитать балансы на производительность рассчитываемого аппарата (машины) в единицу времени. Во время практики следует выяснить, загружена ли установка (цех) на проектную мощность. Расчет материальных и тепловых балансов нередко производится по специальным методикам, как, например, для агрегатов производства азотоводородной смеси из природного газа, агрегатов синтеза аммиака, метанола и др. Эти методики изложены в соответствующей литературе [5-14].

2.2.4.5. Технологические и конструктивные расчеты производятся для обоснования и определения размеров оборудования и обеспечивают его необходимые технические характеристики и соответствие технологическим функциям. При оценке конструкции аппарата (контактного устройства) или режимов его работы решающее значение должны иметь технико-экономические характеристики проектируемого оборудования. Требуемый комплекс технологических расчетов должен быть согласован с руководителем при выдаче задания и при работе над проектом. Ниже указаны основные расчеты, выполняемые для некоторых видов оборудования.

Теплообменные аппараты и теплообменные устройства, встроенные в технологическое оборудование: рубашки, погружные змеевики, теплоотводящие устройства на контактных тарелках, змеевики в кубе ректификационных колонн и т.п. Рассчитываются тепловые балансы, коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи, поверхности теплообмена [15;16]. По указанию руководителя могут быть выполнены расчеты гидравлических сопротивлений [17]. Имеются особенности теплового расчета теплообменников периодического действия [18;19] и контактного типа [20]. В ряде производств применяются специальные конструкции теплообменников: спиральные, пластинчатые [21] и блочные углеграфитовые [22;23]. Расчеты теплообмена в аппаратах с рубашками и другими подобными элементами изложены в литературе [19;24]. Аппараты воздушного охлаждения являются специальными теплообменниками и часто находят применение в качестве холодильников-конденсаторов [25], что экономически оправдано.

Массообменное колонное оборудование. Среди большого многообразия массообменного оборудования при выполнении курсовых и диплом-

ных проектов чаще приходится сталкиваться с расчетом и проектированием ректификационных и абсорбционных аппаратов и установок [3-10;24;26-33]. Используемые при этом смеси являются, как правило, многокомпонентными или сложными.

Последовательность технологического расчета таких колонн изложена в методических указаниях [26] и в литературе, включенной в библиографический список в них.

В ходе расчета по заданным производительности колонны и составу сырья выражают массовые и мольные количества и концентрации компонентов в сырье, дистилляте и остатке; определяют давления и температуры в колонне, флегмовое число, число теоретических ступеней контакта (тарелок) и, выбрав тип тарелки, находят число реальных тарелок, диаметр и высоту колонны, диаметры штуцеров для подачи и отвода материальных потоков. Составляется тепловой баланс колонны для последующего расчета кубового подогревателя и дефлегматора.

Технологический расчет колонны взаимосвязан с конструктивным и гидродинамическим расчетами контактных устройств (тарелок). Целью этих расчетов является определение основных размеров тарелки и ее элементов, размера переточных устройств, градиента уровня жидкости, гидравлического сопротивления тарелки и колонны, минимального расстояния между тарелками и межтарельчатого уноса жидкости [37-39].

Оборудование для проведения процессов сушки. Конструкции сушильных аппаратов чрезвычайно разнообразны [40-44]: сушилки барабанного типа, распылительные, ленточные, с кипящим (иссевдооживленным) слоем, туннельные и т.д., и каждая сушилка имеет свои особенности расчета. При проектировании сушильных аппаратов проводятся расчеты статистики, кинетики и динамики процессов сушки [15;45;46;47]. По усмотрению руководителя проекта, могут быть проведены гидродинамические расчеты.

Смесительные аппараты. Большую часть оборудования данного класса составляют аппараты с механическим перемешиванием. В зависимости от назначения аппарата определяют расчетом или принимают по типовым аналогам его емкость, коэффициент заполнения, диаметр и высоту (длину) корпуса с днищами. Учитывая свойства обрабатываемых материалов (вязкость, плотность и др.), выбирают тип перемешивающего устройства и определяют его основные параметры: число оборотов, мощ-

ность на перемешивание, размеры перемешивающего устройства. Принимая потери на трение в опорах и уплотнениях вала мешалки, находят мощность привода [48-50]. По числу оборотов и мощности принимают один из типовых приводов с мотор-редуктором или специальной конструкции [48;49;51]. В некоторых смесительных аппаратах используют воздушный и циркуляционный способы перемешивания, а в ряде непрерывных процессов применяются смесители диафрагменного и инжекционного типов [52-55].

Аппаратура для разделения неоднородных систем. Из широкого многообразия этих аппаратов и машин при выполнении проектов чаще приходится рассчитывать оборудование для проведения процессов фильтрации [56,57] и центрифугирования [58-63].

Насосы динамические и объёмные. В соответствии с заданием расчеты насосного оборудования выполняют в проектном или проверочном вариантах. В проектных расчетах определяются тип и размеры насоса. На выбор типа и исполнения насосного оборудования влияют свойства перекачиваемой жидкости: химическая активность, температура, вязкость, плотность, давление насыщенных паров, количество взвешенных частиц, их размеры и степень абразивности, токсичность, взрывоопасность, склонность к полимеризации и надипания, стоимость. Следующим этапом подбора динамических насосов (центробежных, вихревых) является определение их основных гидравлических параметров, т.е. подачи и напора. При проверочном варианте расчета выбирается типоразмер насоса на основании графического построения напорной характеристики системы (сети), в которую устанавливают насос, и последующим совмещением ее с характеристикой выкачиваемого насоса. Характеристикой насоса называют графически выраженную зависимость его напора, потребляемой мощности, к.п.д. и допустимого кавитационного запаса от подачи. Напорная характеристика системы (сети) представляет собой зависимость сопротивления этой системы от расхода (подачи) жидкости. Указанный метод подбора центробежных насосов изложен в [64-66]. Напорную характеристику насоса берут из паспорта насоса, предполагаемого к установке. Для построения характеристики сети необходимо во время производственной практики выяснить ряд исходных данных: схему насосной установки с трубопроводной обвязкой, взаимное расположение по высоте насоса и точек забора и нагнетания жидкости, т.е. геометрическую вы-

соту всасывания и геометрический напор, диаметр и длину трубопроводов, все виды и количество местных сопротивлений (вентили, задвижки, колена и т.п.).

Для объемных насосов с возвратно-поступательным движением рабочих элементов (поршневых, плунжерных, скальчатых, диафрагменных) определяют размеры и параметры, которые обеспечивают заданную подачу насоса: диаметр поршня, плунжера ("скалки"), их ход, количество рабочих циклов в единицу времени, число ступеней (секций), мощность привода. Подбирают приводное устройство [63;69]. Для объемных насосов с вращательным движением рабочих элементов (шестеренных, винтовых, лопастных, пластинчатых и др.) рассчитывают размеры рабочих элементов и камер, число оборотов, мощность привода [70].

2.2.5. Конструкторско-механическая часть. Этот раздел записки может состоять из подразделов, указанных ниже. Однако допускается помещать обоснование приняты в проекте конструкционных материалов непосредственно перед механическими расчетами соответствующих аппаратов (машин).

2.2.5.1. Обоснование и выбор конструкционных материалов. На решение этого вопроса влияют многие факторы. При проектировании необходимо учесть наиболее важные из них, отбросив менее существенные. Свойства материала должны обеспечить возможность применения наиболее рациональных технологических процессов обработки и изготовления изделий. Конструкция элементов и узлов, аппарата в целом зависит от принятого материала. Например, существенно различаются стальная сварная и чугунная литая конструкции, совершенно специфичны аппараты из керамики, стекла, углеродистого графита, пластмасс и т.п.

Для химической аппаратуры важнейшим фактором при назначении материала является его коррозионная, эрозивная стойкость. Рекомендации по выбору материалов для различных элементов и деталей аппаратов и машин для различных рабочих сред с учетом их свойств и рабочих параметров процесса даны в справочниках [49;71;72;73]. Строго регламентирован выбор материалов для изготовления объектов котлонадзора (в том числе сосудов, работающих под давлением [72]). Эмалированная и гуммированная аппаратура имеет особенности в конструкции отдельных элементов [74;75].

Температурный фактор существенно влияет на выбор конструкцион-

ных материалов. При высоких температурах приходится использовать жаростойкие и огнеупорные материалы, например в химических печах [76]. В области низких и сверхнизких температур, например в установках разделения воздуха, необходимо учитывать, что обычные марки углеродистых сталей становятся непригодными из-за хладоломкости (явление "охрупчивания"). Этим объясняется изготовление аппаратуры установок глубокого холода из цветных металлов и сталей аустенитного класса [49;71]. Соответственно принятым маркам материалов должны быть назначены материалы для сварки, пайки и склеивания [49;51;71;74;77].

В записке дают также обоснование выбора материалов для прокладок в узлах обтекания [49;71].

Ответственным является назначение материалов для изготовления аппаратуры высоких (свыше 10 МПа) и сверхвысоких (свыше 200 МПа) давлений [49;71;78].

Для выбранных материалов находят их физико-механические свойства.

**2.2.5.2. Механические расчеты.** В этом подразделе помещают расчеты элементов оборудования, указанного в задании, на прочность, устойчивость формы (при действии давления снаружи), устойчивость положения (против опрокидывания аппарата ветровой нагрузкой), расчеты на критические скорости валов и виброустойчивость.

Перед началом расчета выявляют все силовые факторы, воздействующие на элементы аппарата (машины): давление среды - внутреннее или наружное, силы тяжести, ветровые нагрузки, сейсмические (для ряда географических районов) нагрузки, связанные с разностью температур соединенных друг с другом элементов, центробежные силы и т.п. Очень часто на элементы действуют совместно несколько силовых факторов, вызывая разные виды деформаций и напряжений. Расчет элемента должен быть проведен на случай самого неблагоприятного сочетания всех опасных нагрузок, возникающих при ремонте, монтаже, работе или испытании. Далее устанавливают расчетные нагрузки и температуры. Составляется расчетная схема. В соответствии с заданием расчеты могут выполняться в проектном или проверочном вариантах.

При проектировании предпочтительно использовать инженерные методики расчета этих элементов, оформленные в виде ГОСТов и ОСТов

[79-85] и др. При недоступности этих нормативных документов используют справочную литературу [49;51;71;84-86]. Схематическое изображение расчета деталей и элементов аппаратуры высокого давления изложено в соответствующих инженерных методиках [5;78;84-87]. Валы высокоскоростных мешалок, насосов и других машин и механизмов рассчитывают не только на прочность, но и на виброустойчивость, определив критическое число оборотов. Рекомендации по комплексному проектированию валов даны в руководстве [85]. Расчеты на виброустойчивость изложены в [49;84;85]. По заданию на проектирование могут быть выполнены прочностные расчеты элементов насосов [85;89;90]. Расчеты общемашиностроительных узлов, механизмов и деталей: валов, подшипников качения и скольжения, шпонок, зубчатых, ременных, цепных передач, пружин, уплотнений валов (сальниковых, торцевых и пр.)-и рекомендации по их конструированию приводятся в справочниках [91-94] и пособиях по проектированию деталей машин.

2.2.6. Автоматизация технологических процессов и КИП. Требования к содержанию и оформлению этого раздела записки дипломного проекта устанавливаются указаниями соответствующей кафедры [95] применительно к тому оборудованию, которое проектируется.

Метрологическая проработка является обязательной при выполнении курсовой и дипломной работы научно-исследовательского характера. При выполнении курсовой работы консультантом по метрологии является руководитель проекта, а при выполнении дипломной - назначается консультант по метрологии. Основные требования, относящиеся к метрологической проработке, изложены в [96].

2.2.7. Безопасность и экологичность проекта. Решение этих задач тесно связано с основными проектными разработками. Поэтому часть материала по обеспечению безопасности и экологичности разрабатывается в соответствующих разделах записки (**технологическом**, **конструкторско-механическом**) и на чертежах оборудования. Остальные материалы приводятся в специальном разделе под названием "Безопасность и экологичность проекта". При выполнении раздела следует руководствоваться "Примерной программой дисциплины ВЖД для всех специальностей высшего профессионального образования", утвержденной ГК России по высшему образованию 27.04.95 г., а также [97;98].

В проекте, включая данный раздел, отражаются только те вопросы



безопасности и экологичности, которые имеют непосредственное отношение к его теме и к проектируемому оборудованию. В данном разделе курсового проекта помещаются следующие материалы.

2.2.7.1. Обеспечение пожаро- и взрывобезопасности:

- 1) общие правила соблюдения пожаро- и взрывобезопасности;
- 2) классификация помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной безопасности;
- 3) выбор электрооборудования для аппаратов пожаро- и взрывобезопасных производств.

2.2.7.2. Защита аппаратов от превышения давления:

- 1) источники аварийного повышения давления в аппаратах и расчет аварийного притока среды в аппарат;
- 2) допустимые кратковременные повышения давления в аппарате;
- 3) выбор предохранительного устройства и расчет его пропускной способности, учет сопротивления подводящих и отводящих трубопроводов;
- 4) требования к установке и эксплуатации предохранительных устройств;
- 5) расчет сил, действующих на крепления предохранительных клапанов и трубопроводов.

2.2.7.3. Герметизация аппаратов:

- 1) общие требования к герметичности аппаратов;
- 2) уплотнения валов аппаратов;
- 3) уплотнение разъемных и неразъемных соединений.

2.2.7.4. Обеспечение электробезопасности:

- 1) требования к электрооборудованию для аппаратов химических производств;
- 2) заземление и защитные меры по обеспечению электробезопасности;
- 3) защита от статического электричества.

2.2.7.5. Снижение шума и вибрации аппаратов:

- 1) в подшипниковых узлах, в зубчатых передачах и редукторах;
- 2) снижение шума и вибрации, вызванных неуравновешенностью вращающихся частей;
- 3) снижение шума газодинамических процессов;
- 4) снижение вибрации путем вибропоглощения и виброизоляции;

5) определение шумовых и вибрационных характеристик.

2.2.7.6. Защитные ограждения и устройства для обслуживания аппаратов:

- 1) защитные ограждения;
- 2) площадки и лестницы для обслуживания аппаратов.

2.2.7.7. Анализ соответствия проектируемого оборудования "Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением" [98].

2.2.7.8. Экологичность проекта.

Объем раздела 2.2.7 - 15-20 страниц рукописного текста.

В случае если по заданию на проектирование не предусмотрена разработка строительно-монтажных чертежей с элементами конструкций производственных помещений, генеральных планов и планов (схем) размещения оборудования, что характерно для проектов технологического профиля, в проекте исключается разработка вопросов вентиляции, отопления, освещения и санитарно-технического обеспечения производственных помещений и их молниезащиты.

Мероприятия по молниезащите разрабатываются только в случае проектирования оборудования, предлагаемого к установке на открытых промышленных площадках.

Если проектируемое оборудование не является источником шума и накопителем статического электричества, соответствующие мероприятия по борьбе с этими явлениями разработке не подлежат.

2.2.8. Технико-экономическое обоснование с заключением. Содержание данного раздела определяется требованиями методического руководства [99;100]. Необходимо только отметить, что проектант должен обосновывать те технические решения, которые им непосредственно разрабатываются в проекте, и сформулировать на этой основе заключение о проделанной работе.

2.2.9. Список использованной литературы. В записке приводится общий список использованной литературы для всех разделов по ГОСТ 7.1-84 [101]. Используемые источники располагают в порядке появления ссылок в тексте записки.

При ссылке в тексте на источник следует указывать порядковый номер по списку литературы и страницу, например [18, с.48].

В список литературы включаются названия книг, статей, катало-

гов, справочников, отчетов, стандартов, изобретений, проектной и другой нормативной документации. Названия иностранных источников приводят на языке оригинала.

Не допускается ссылки на неопубликованные источники, конспекты лекций, устные высказывания и т.п.

Пример оформления библиографического списка литературы смотри в разделе "Библиографический список" настоящих указаний.

2.2.10. Перечень графического материала. Графическая часть проекта выполняется на основании требований к чертежам по ГОСТ 2.105-85 [2-4;102].

По согласованию с руководителем проекта допускается на стадиях разработки выполнять чертежи общего вида в соответствии с ГОСТ 2.118-73 [2-4;102] на техническое предложение, ГОСТ 2.119-73 [2-4;102] на эскизный проект и ГОСТ 2.120-73 [2-4;102] на технический проект.

Содержание графической части раскрывается в задании на проект, где приводится перечень подлежащего разработке графического материала по видам документации с указанием объема в листах формата А1 (594×841 мм).

- Например:
- 1) схема технологическая - 1 л.;
  - 2) чертежи общего вида (при необходимости) - 2 л.;
  - 3) сборочные чертежи - 3 л.;
  - 4) рабочие чертежи деталей - 2 л.

При выполнении курсовой или дипломной работы графический материал выполняется в меньшем объеме (по согласованию с руководителем проекта) и дополняется графиками, таблицами, рисунками и т.п., помещенными на листах того же формата, а в перечне графического материала указывается их общее количество.

- Например:
- 1) график зависимости коэффициента массосдачи от числа Рейнольдса - 1 л.;
  - 2) таблица результатов эксперимента - 1 л.;
  - 3) схема сил, действующих на мячу в центробежном поле, - 1 л.

2.2.11. Приложения. В данном разделе помещаются: иллюстративный материал, таблицы, схемы, программы расчета на ЭВМ, тексты вспомогательного характера, не вошедшие в основные разделы по причине их

большого объема или относительно самостоятельного характера.

Приложение оформляется как продолжение записки. Каждое приложение должно начинаться с нового листа с надписью в правом верхнем углу слова "Приложение".

При наличии в записке более одного приложения все они нумеруются арабскими цифрами, например приложение 1, приложение 2 и т.д. Приложения должны иметь тематические заголовки.

2.2.12. Спецификации. Спецификация разрабатывается после составления перечня основных частей и элементов оборудования (экспликация), помещаемого на листе технологической схемы.

Спецификация составляется на отдельных листах формата А4 (210×297 мм) на каждую сборочную единицу, комплекс или комплект.

Форму и порядок заполнения спецификации конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности устанавливает ГОСТ 2.108-68. В учебных целях для оформления спецификации могут быть использованы справочники по машиностроительному черчению [2-4].

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ТЕКСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Текстовый материал записки располагается на листах белой бумаги формата А4 по ГОСТ 2.301-68 [2-4] с рамкой и основными надписями по ГОСТ 2.106-68.

Текст может быть печатным либо рукописным. Расстояние между заголовком и последующим текстом 10-15 мм, расстояние между строками от 7 до 10 мм (печатать через два интервала), предпочтительные размеры шрифтов 2,5; 3,5 или 5 мм по ГОСТ 2.304-68 [2-4] (при использовании текстовых редакторов 12, 14 пунктов). Цвет текста черный, синий либо фиолетовый. При печати использовать черную ленту средней насыщенности.

Каждый раздел записки начинается с новой страницы, имеющей основную надпись по форме 2, а на последующих листах располагается основная надпись по форме 2а.

Основные разделы текста при необходимости делят на подразделы и пункты. При этом нумерация разделов выполняется арабскими цифрами с точкой на конце, а нумерация подразделов имеет следующую структуру: 2.4. (четвертый подраздел второго раздела). Пункты также нумеруются

арабскими цифрами в пределах каждого подраздела, например: 2.4.8. (пятый пункт четвертого подраздела второго раздела).

Каждый раздел имеет заголовок, выполненный прописными буквами и размещаемый по центру ширины страницы. В конце заголовка точка не ставится. Если заголовок состоит из нескольких предложений, их разделяют точкой. Не допускается помещать заголовки разделов на отдельных страницах документа. Наименования подразделов, пунктов выполняются строчными буквами и помещаются с красной строки текста.

Нумерация страниц в записке должна быть сквозной и помещаться в верхнем правом углу основного поля. Первой страницей является титульный лист, второй - задание, далее идет аннотация и т.д. Номер страницы проставляется начиная с четвертой, т.е. с содержания. Нумерация в пределах каждого раздела располагается в соответствующей графе основной надписи.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц по указаниям ГОСТ 2.105-85 [2-4]. Все таблицы должны иметь заголовки, раскрывающие их содержание. Таблицы помещают после первого упоминания о ней в тексте. Все таблицы нумеруются в пределах каждого раздела арабскими цифрами. Слово "Таблица" с указанием ее порядкового номера размещается над заголовком таблицы в правом верхнем углу. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например, "Таблица 3.4" (четвертая таблица третьего раздела). В тексте должны быть ссылки на все таблицы, например: ... (табл. 3.4), а при повторных ссылках следует указывать ... (см. табл. 3.4).

Все иллюстрации (схемы технологические, схемы гидравлические, эскизы, графики, фотоснимки, светокопии и т.д.) называют рисунками и в пределах раздела нумеруют арабскими цифрами. Номер рисунка должен состоять из номера раздела и его порядкового номера, разделенных точкой. Например: Рис. 4.3. (третий рисунок четвертого раздела). Рисунки помещают сразу же после первого упоминания о них. Ссылки на иллюстрации в тексте записки осуществляют по типу: ... (рис. 4.3). Ссылки на ранее упомянутые иллюстрации дают в сокращении: ... (см. рис. 4.3). Иллюстрации при необходимости должны иметь поясняющую надпись (подрисовочный текст). Рисунок располагают так, чтобы его можно было рассматривать без поворота страницы. Если же это невозможно, то помещают рисунок так, чтобы для его рассмотрения надо было

повернуть лист по часовой стрелке.

Эскиз или схему допускается изображать (вычерчивать) в произвольном масштабе, но с соблюдением пропорций, обеспечивающих четкое представление об объекте.

Размерности единиц и тех же параметров в расчетах должны быть выдержаны в одной системе единиц. Предпочтительное применение имеет Международная система единиц измерений СИ (СВВ 1052-76, ОСТ 26-2084-84 [103;104]).

Условные буквенные обозначения математических, физических, механических, химических и других величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам [104]. В тексте при первом упоминании той или иной величины дается ее разъяснение.

Порядок изложения расчетов определяется характером рассчитываемых величин. Расчеты должны содержать: эскиз или схему рассчитываемого элемента с указанием силовых нагрузок и конструктивных размеров, сформулированную задачу расчета, принятые допущения и упрощения с их обоснованием, выбранную расчетную методику с указанием ссылки на литературный источник, сам расчет и выводы, полученные по его результатам.

Формулы в записе должны быть вписаны (или напечатаны) стандартным шрифтом высотой не менее 3,5 мм (14 пунктов). Если в записе более одной формулы, то их нумеруют в пределах каждого раздела арабскими цифрами. Номер состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой. Номер ставят в круглых скобках с правой стороны формулы. Значения переменных величин приводят непосредственно под формулой в той последовательности, в какой они даны в формуле. Символы располагают с новой строки колонкой. Первая строка расфигурки должна начинаться со слова "где" без двоеточия, например:

Расчетная площадь поверхности теплообмена  $F_p$  в  $m^2$  определяется по выражению [16, с.168]:

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{ср}} \quad (2.8)$$

где  $Q = 771000$  Вт - расход теплоты на нагрев толуола;

$K = 503 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$  - коэффициент теплопередачи от греющего пара к толуолу;

$\Delta t_{\text{ср}} = 42,1 \text{ К}$  - средняя разность температур.

Ссылки на литературу отмечаются записью в квадратных скобках, например: [6, с.20-26]. Первое число указывает номер источника в списке использованной литературы, далее указывается страница или интервал страниц, на которые дается ссылка.

Расчеты, выполненные на ЭЕМ с предварительным составлением программы счета, оформляются в соответствии с общими требованиями. При этом излагается методика (алгоритм) счета, приводятся исходные данные; а также таблица идентификаторов (обозначений) всех рассчитываемых и исходных величин. Приводится распечатка программы непосредственно на страницах записки, либо текст наклеивается на страницы записки.

При многократном использовании одних и тех же методик и программ расчетов все пояснения к ним излагаются только в первом расчете, а в остальных случаях даются ссылки на соответствующие страницы записки.

Записке в целом присваивается обозначение (шифр документа), состоящее из буквенно-цифрового кода, например: ПАК.00.00.000.ПЗ - буквенная часть обозначения принимается по первым буквам слов, входящих в название установки.

#### 4. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графическая часть проекта выполняется в соответствии с едиными требованиями, приведенными в государственных стандартах на Единую систему конструкторской документации (ЕСКД), а также с учетом Руководящего технического материала (РТМ 26-79-71) [102] о применении стандартов ЕСКД к выполнению документации на изделия машино- и аппаратостроения.

В зависимости от тематики курсовых и дипломных проектов графические документы по специфике и особенностям требований к их выполнению условно подразделяются на следующие группы:

- 1) чертежи конструкторской документации по ГОСТ 2.102-68 [2-4;102] - чертежи общих видов, габаритные, монтажные, сборочные.

чертежи деталей, схемы и т.п.;

2) иллюстрационный графический материал - рисунки, графики, таблицы, номограммы.

Формат чертежей выбирается в соответствии с размером изображаемого изделия и должен соответствовать ГОСТ 2.301-68 [2-4]. Чертежи формата, большего А1, выполняются без склейки. Чертежи формата, меньшего А1, желательно выполнять совместно с другими на листах формата А1 без разрезки. При необходимости допускается использовать формат А5.

На всех чертежах и схемах выполняется основная надпись в соответствии с ГОСТ 2.104-68 [2-4] по форме 1, последующие листы конструкторских документов - по форме 2а.

Обозначение графических конструкторских документов должно состоять из обозначения объекта, разрабатываемого в проекте, и шифра документа. ГОСТ 5294-60 разрешает, в зависимости от сложности проектируемого изделия, применять семи-, пяти- и трехзначную системы обозначений. Например, сборочный чертеж ректификационного аппарата должен быть обозначен (если принята семизначная система): РУ.01.00.000СБ. Сборочный чертеж элемента, входящего в состав этого аппарата, обозначается: РУ.01.01.000.СБ; деталь и ее рабочий чертеж будет иметь обозначение: РУ.01.01.002 и т.п. Буквенный индекс изделия (в данном случае РУ) выбирается по согласованию с руководителем, с учетом стандартов (например, ГОСТ 9665-61). Шифр графических конструкторских документов указывается по ГОСТ 2.102-68 буквенными индексами: сборочный чертеж - СБ, чертеж общего вида - ВО, теоретический чертеж - ТЧ, габаритный чертеж - ГЧ, монтажный чертеж - МЧ. Для спецификаций шифр в обозначении не предусмотрен. Обозначение схем состоит из обозначения изделия с добавлением к нему шифра схемы по ГОСТ 2.701-76: технологическая - Т, автоматизации - А, электрическая - Э, гидравлическая - Г, пневматическая - П, кинематическая - К, комбинированная - С. Типы схем обозначают цифрами: структурная - 1, функциональная - 2, принципиальная - 3, соединенный - 4, полноразмерный - 5.

Иллюстрационный материал в виде графиков, таблиц, номограмм и т.п. может быть представлен на листах формата А1 и использоваться при изложении доклада во время защиты проекта (работы). В этом слу-



чае рамку и основную надпись на листах не выполняют.

## 5. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Программа производственной практики для студентов специальности МАХП/Сост.: В.А.Вулкин, В.А.Алексеев. Казань; КХТИ, 1991. 28 с.
2. Федоренко Е.А., Пошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению/ Под ред. Г.Н.Половой. Л.: Машиностроение, 1981. 416 с.
3. Градиль В.П., Моргунов А.К., Ерошин Р.А. Справочник по Единой системе конструкторской документации/ Под ред. А.Ф.Раба. Харьков: Прапор, 1988. 255 с.
4. Справочное руководство по черчению/ В.Н.Вогданов, И.Ф.Малежик, А.П.Верхова и др. М.: Машиностроение, 1989. 834 с.
5. Справочник азотчика. В 3-х т./ Под общей ред. Е.Я.Мельникова. М.: Химия, Т. 1, 1967. 482 с., Т. 2, 1969. 446 с.
6. Справочник азотчика. 2-е изд. перераб. М.: Химия, 1987. 464 с.
7. Бесков С.Д. Технологические расчеты. М.: Высш. школа, 1966. 520 с.
8. Эмирджанов Р.Г. Примеры расчетов нефтезаводских процессов и аппаратов. Баку: Азнефтеиздат, 1957. 404 с.
9. Эмирджанов Р.Г. Основы расчета нефтезаводских процессов и аппаратов. Баку: Азнефтеиздат, 1956. 424 с.
10. Глазманенко Д.Л. Получение кислорода. М.: Химия, 1972. 752 с.
11. Балувер Л.М. Процессы и аппараты органического синтеза и биохимической технологии. Л.: Химия, 1966. 520 с.
12. Расчеты по технологии неорганических веществ/ М.Е.Позин, В.А.Копылев, Г.В.Бельченко и др. М.: Химия, 1966. 640 с.
13. Химические реакторы: Метод. пособие/ Сост.: В.Н.Доронин, Ю.А.Дулатов. Казань; КХТИ, 1975. 78 с.
14. Основы расчета химических реакторов: Метод. пособие/ Сост. В.К.Галиакберов. Казань; КХТИ, 1976. 196 с.
15. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов/ Под ред. Л.Г.Романова. Л.: Химия, 1987. 576 с.

16. Антикаин П.А., Аронович М.С., Евдокимов А.М. Рекуперативные теплообменные аппараты. М.: Госэнергоиздат, 1968. 230 с.
17. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1976. 560 с.
18. Хоблер Г. Теплопередача и теплообменники. М.: Госхимиздат, 1961. 820 с.
19. Расчет теплообменных устройств периодического действия; Методическая разработка/ Сост.: С.В.Ананков, В.М.Ализов, В.В.Зайцев. Казань; КХТИ, 1980. 20 с.
20. Контактные теплообменники/ Е.И.Тaubман, В.А.Горнов, В.Л.Мельцер и др. М.: Химия, 1987. 256 с.
21. Барковский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребелецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. М.: Машиностроение, 1973. 288 с.
22. Ильин В.Г. Теплообменные аппараты из графита. М.: Машиностроение, 1965. 240 с.
23. Каневский Л.С., Сивяцкий В.С. Углеродистая теплообменная аппаратура. М.: Машиностроение, 1969. 100 с.
24. Сидихо Л.М., Трезубова Н.А., Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. М.: Химия, 1982, 584 с.
25. Даншова Г.И. Теплообменные аппараты холодильных установок. М.: Машиностроение, 1973. 328 с.
26. Расчет ректификационных колонн для разделения многокомпонентных смесей: Методические указания / Сост.: В.М.Ализов, И.И.Багаутдинов, Э.Ш.Телмаков. Казань; КХТИ, 1982. 36 с.
27. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. М.: Химия, 1978. 280 с.
28. Рами В.М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1968. 767 с.
29. Кузнецов А.А., Суляков Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов: Справочное пособие. М.: Химия, 1983. 224 с.
30. Справочник по разделению газовых смесей методом глубокого охлаждения/ Под ред. Н.И.Гельперина. М.: Госхимиздат, 1963. 512 с.
31. Всесоюзное объединение НЕФТЕХИМ. Методы расчета теплофизических свойств газов и жидкостей. М.: Химия, 1974. 248 с.

32. Кузнецов А.А., Казерманов С.И., Судаков Е.В. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. Л.: Химия, 1974. 542 с.
33. Багалуров С.А. Основы теории перегонки и ректификации. М.: Химия, 1974. 409 с.
34. Газовые равновесия легких углеводородов: Сборник переводов статей из иностранных журналов. М.: Гостоптехиздат, 1962. 262 с.
35. Кафаров В.В. Основы массопередачи. М.: Высш. школа, 1962. 655 с.
36. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки: Справочник / Г.Г.Рабинович, П.М.Рябых, П.А.Хохряков и др.; Под ред. Е.И.Судакова. М.: Химия, 1979. 568 с.
37. Конструктивный и гидродинамический расчет тарелки с капсульными колпачками: Методические указания / Сост.: О.В.Мамин, Э.И.Закиров. Казань; КГТУ, 1995. 82 с.
38. Слабиков В.Н. Ректификационные аппараты. М.: Машиностроение, 1965. 356 с.
39. Слабиков В.Н. Расчет и конструирование контактных устройств ректификационных и абсорбционных аппаратов. Киев: Техника, 1970. 207 с.
40. Тепловые расчеты печей и сушилок силикатной промышленности / А.М.Варенбойм, Т.М.Галиева, Д.В.Гинзбург и др. М.: Стройиздат, 1964. 487 с.
41. Дыков М.В., Леснич В.И. Распильчатые сушилки. М.: Машиностроение, 1968. 331 с.
42. Кузнецкий Н.М., Соболева А.П. Курсовое проектирование по предмету "Процессы и аппараты химической промышленности": Учебное пособие для техникумов. М.: Высш. школа, 1990. 223 с.
43. Романков П.Г., Рашковская Н.В. Сушка во взвешенном состоянии. Л.: Химия, 1979. 272 с.
44. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок. М.: Госэнергоиздат, 1956. 464 с.
45. Дыков М.В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. М.: Госэнергоиздат, 1956. 464 с.
46. Дыков М.В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия, 1976. 432 с.

47. Мухомов В.И., Ульянов В.М., Тимошин А.С. Сушка в условиях пневмотранспорта. М.: Химия, 1984. 232 с.
48. Васильцов Э.А., Ушаков В.Г. Аппараты для перемешивания жидких сред: Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1979. 272 с.
49. Ладинский А.А., Толчинский Р.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. М.: Машиностроение, 1970. 752 с.
50. Стрелин Э. Перемешивание и аппараты с мешалками. Л.: Химия, 1976. 384 с.
51. Конструирование безопасных аппаратов для химических и нефтехимических производств / Г.Р.Смирнов, А.Р.Толчинский, Т.Ф.Кондратьев; Под ред. А.Р.Толчинского. Л.: Машиностроение, 1988. 308 с.
52. Холланд Ф., Чагман Ф. Химические реакторы и смесители для жидкофазных процессов. М.: Химия, 1974. 208 с.
53. Бакланов И.А. Перемешивание жидкостей. Л.: Химия, 1979. 62 с.
54. Рейслерия Н.И., Айнштейн В.Р., Кваша В.Е. Основы техники псевдосжижения. М.: Химия, 1987. 664 с.
55. Рейхсфалд В.О., Шенц В.С., Ермаков В.М. Реакционная аппаратура и машины заводов основного органического синтеза и синтетического каучука: Учебное пособие для вузов. Л.: Химия, 1985. 264 с.
56. Лужиков В.А. Фильтрование: Теория и практика разделения суспензий. М.: Химия, 1971. 440 с.
57. Иoffee И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. Л.: Химия, 1991. 352 с.
58. Соколов В.И. Центрифугирование. М.: Химия, 1976. 408 с.
59. Соколов В.И. Современные промышленные центрифуги. М.: Машиностроение, 1967. 524 с.
60. Шкоропад Д.Е. Центрифуги для химических производств. М.: Машиностроение, 1975. 248 с.
61. Соколов В.И., Шкоропад Д.Е. Автоматические и непрерывно действующие центрифуги. М.: Mashizv, 1954. 344 с.
62. Финкельштейн Г.А. Шнековые осадительные центрифуги. Л.: Госхимиздат, 1952. 144 с.
63. Кузнецов О.В., Цыбаровский Л.Н. Подбор насосного оборудования. Экспресс-информация. Серия М-4. № 6. М.: ЦИНТИХимнефтемаш,

1981. 28 с.

64. Дринштейн В.М. Методика подбора центробежных насосов для химических производств. Экспресс-информация. Серия УМ-4, N 3. М.: ЦНТИХимнефтемаш, 1974. 28 с.

65. Абзелилов М.Д. Центробежные насосы для нефтяной промышленности. М.: Гостоптехиздат, 1957. 364 с.

66. Насосы и компрессоры/ С.А.Абдурашитов, А.А.Тупиченков, Я.М.Вершинин и др. М.: Недра, 1974. 296 с.

67. Конструкция и эксплуатация центробежных герметичных насосов/ В.В.Буренин, Д.Т.Гаевин, В.П.Дронов и др. М.: Машиностроение, 1977. 152 с.

68. Елин В.И., Солдамов К.Н., Соколовский С.М. Насосы и компрессоры. М.: Гостоптехиздат, 1958. 372 с.

69. Поршневые нефтяные регулируемые и дозировочные насосы. Каталог. М.: ЦНТИХимнефтемаш, 1972. 28 с.

70. Юдин Е.М. Шестеренчатые насосы. Основные параметры и их расчет. М.: Машиностроение, 1964. 235 с.

5 71. Ладивский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. Л.: Машиностроение, 1981. 352 с.

72. Англин П.А., Зыков А.К. Изготовление и ремонт объектов котлонадзора: Справочное издание. М.: Металлургия, 1988. 624 с.

73. Шреобер Г.К., Перлин С.М., Шибряев В.Ф. Конструкционные материалы в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности: Справочное руководство. М.: Машиностроение, 1969. 396 с.

74. Мамаров В.М., Бикчентаев Т.А., Кадревич В.М., Самсонова А.А. Гуммированные и биметаллические машины и аппараты химических производств. (Конструирование и изготовление)/ Под ред. В.М.Макарова. М.: Машгиз, 1963. 276 с.

75. Гуммированное химическое оборудование. Каталог. М.: ЦНТИХимнефтемаш, 1976. 48 с.

76. Исламов М.Ш. Печи химической промышленности. Л.: Химия, 1975. 432 с.

77. ГОСТ 26-291-79. Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования. М.: НИИХиммаш, 1981. 256 с.

78. Сосуды и трубопроводы высокого давления: Справочник /Е.Р.Хисматуллин, Е.М.Королев, В.И.Лившиц и др. М.: Машиностроение,

1990. 384 с.

79. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Изд-во стандартов, 1989. 80 с.
80. ОСТ 26-373-78. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность фланцевых соединений. М.: Изд-во стандартов, 1978. 38 с.
81. ОСТ 26-1186-81. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность элементов теплообменных аппаратов. М.: Изд-во стандартов, 1981. 20 с.
82. ГОСТ 24757-81. Сосуды и аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Изд-во стандартов, 1981. 20 с.
83. ГОСТ 26887-83. Сосуды с рубашками. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Изд-во стандартов, 1983. 26 с.
84. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Учебное пособие для студентов вузов / М.Ф. Михалев, Н.П. Третьяков, А.И. Ильченко, В.В. Зоскин; Под ред. М.Ф. Михалева. Я.: Машиностроение, 1984. 301 с.
85. Конструирование и расчет зрмашущихся валов механизмов, машин и аппаратов: Методические указания / Казан. хим.-технол. ин-т; Сост.: В.Ф. Шарифутдинов, А.Д. Васильев, В.П. Желтов, М.А. Закиров; Под общей ред. Э.П. Телякова. Казань, 1984. 24 с.
86. Канторович Э.В. Машин химической промышленности: Т. 1. М.: Машиностроение, 1957. 568 с.
87. Канторович Э.В. Основы расчета химических машин и аппаратов. М.: Машиностроение, 1982. 572 с.
88. Машин и аппараты химических производств: Учебник для вузов / К.И. Гонимаров, О.А. Перельгин, В.Н. Доронин, М.Г. Гайнуллин. М.: Машиностроение, 1989. 388 с.
89. Мерцлиновский В.А. Гидродинамика и прочность центробежных насосов. М.: Машиностроение, 1970. 272 с.
90. Елисеев Б.М. Расчет деталей центробежных насосов. М.: Машиностроение, 1975. 207 с.
91. Справочник конструктора машиностроителя. В 3-х т. М.: Машиностроение, 1980. Т.1. 728 с.; Т.2. 559 с.; Т.3. 557 с.
92. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. / Под ред. П.Н. Ушаева. М.: Машиностроение, 1988. Кн. 1. 580 с.; Кн. 2. 544 с.

93. Основы конструирования машин. Атлас конструкций / И.С. Богатырев, А.В. Булатжа, П.В. Выборнов и др.; Под ред. Д.Н. Решетова. М.: Машиностроение, 1967. 282 с.

94. Проектирование механических передач. Учебно-справочное пособие для вузов / С.А. Чернавский, Г.А. Снесарев, Э.С. Козынецов и др. М.: Машиностроение, 1994. 560 с.

95. Вопросы проектирования систем автоматизации в дипломных проектах: Методические указания / Сост.: В.М. Анкудинов и др. Казань: КХТИ, 1988. 26 с.

96. Метрологическая проработка НИРС: Руководство по НИРС. Казань, КХТИ, 1962. 24 с.

97. Обеспечение производственной и экологической безопасности. Методические указания и рекомендации по дипломному проектированию / Сост.: Ф.М. Гимранов, Д.А. Шахметов, Н.К. Нугаева и др. Казань: КХТИ, 1988. 53 с.

98. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. М.: Металлургия, 1975. 104 с.

99. Техникo-экономические расчеты по разработке бизнес-плана для обоснования дипломных проектов и работ: Методические указания / Сост.: В.М. Вольперт, Н.Э. Задлягетдинов, М.С. Ситдииков и др. Казань: КХТИ, 1988. 16 с.

100. Методические указания к расчетам экономической эффективности по работам научно-исследовательского характера / Сост.: М.С. Ситдииков, В.Н. Малаев. Казань: КХТИ, 1988. 16 с.

101. ГОСТ 7.1-84. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила оформления. М.: Изд-во стандартов, 1984. 71 с.

102. РТМ 26-76-72. Применение стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД). М.: НИИХиммаш, 1983. 84 с.

103. Стандарт СЭВ. СТ СЭВ 1052-78. Метрология. Единицы физических величин. М.: Изд-во стандартов, 1979. 40 с.

104. Денъгуб В.М., Смирнов Э.Г. Единицы величин: Словарь-справочник. М.: Изд-во стандартов, 1990. 240 с.