

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых
производств»

ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Методические указания к курсовому проекту
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очной, очно-заочной и заочной форм обучения

Энгельс 2024

УДК 66.0
ББК 35
М 32

Мацнева Т.А., Черемухина И.В. Оборудование химических и нефтехимических производств: Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Оборудование химических и нефтегазовых производств» для студентов специальности ТМОБ очной и заочной форм обучения – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2023. – 25 с.

Рецензенты: д.т.н., проф. кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., Целуйкин В.Н.;
к.т.н., доцент кафедры «Оборудование и технологии обработки материалов» ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., Тихонов Д.А.

Методические указания содержат требования к выполнению курсового проекта бакалаврами направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» по профилю «Технологическое оборудование химических и нефтегазовых производств». Приведены направленность тематики курсовых проектов, объем и состав графической части работы и пояснительной записки к ней, подробные указания по составлению отдельных частей работы и разделов пояснительной записки.

Методические указания содержат требования к содержанию и оформлению пояснительной записки и графической части курсового проекта, примеры их оформления

УДК 66.0
ББК 35
М 32

*Одобрено редакционно-издательским советом
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.*

Брошюра издается в авторской редакции

ВВЕДЕНИЕ

Выполнением курсового проектирования завершается освоение одной из важных учебных дисциплин «Оборудование химических и нефтегазовых производств».

При выполнении курсового проекта студент должен показать умение пользоваться знаниями программного материала курса. В курсовом проекте разрабатывается один наиболее важный объект (аппарат, колонна, реактор, печь и т.д.).

Преимущество проектирования, то есть выполнение студентами курсового проекта по дисциплинам специализации на последнем курсе обучения и последующей выпускной квалификационной работы (ВКР) по одной теме, способствует более глубокому освоению решаемых задач и повышению качества ВКР.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Организация работы над курсовым проектом

1.1. Тематика проектов связана с содержанием изучаемой дисциплины и профилем предприятия, на котором проходит производственная практика. Темой проекта также может быть разработка лабораторных (экспериментальных) стендов и других объектов для учебных и научно-исследовательских целей.

Тематика в общем виде следующая:

- проект машины, аппарата;
- проект лабораторной установки для учебных целей или экспериментального стенда.

Темы курсовых проектов рассматриваются на кафедре и утверждаются распоряжением учебного отдела. Студент самостоятельно может выбрать и предложить для рассмотрения тему своего курсового проекта.

1.2. В состав курсового проекта входят: пояснительная записка и расчёты – до 50 страниц печатного текста, включая иллюстрации и таблицы, и графическая часть – 3÷4 листа формата А1 (594×841 мм).

1.3. Кафедра либо назначает каждому студенту руководителя курсового проектирования, который в дальнейшем может быть руководителем выпускной квалификационной работы, либо руководителем КП является читающий лекции преподаватель.

Руководитель курсового проекта выполняет следующие задачи: выдает задание на проектирование; рекомендует студенту основную литературу, справочные и архивные материалы, типовые проекты и другие источники по теме; проводит систематические, предусмотренные расписанием беседы со студентом и даёт ему консультации по теме проекта; проверяет выполнение работы по календарному графику (не менее одного раза в две недели).

За принятые в проекте решения, правильность всех данных, результатов расчётов отвечает студент – автор курсового проекта. Инициатива в постановке и принятии творческих решений по проектированию должна принадлежать студенту. При решении инженерных задач в проекте студент обязан использовать достижения отечественной и зарубежной науки и техники, патентные изобретения и рационализаторские предложения по теме проекта, выполнять расчеты с использованием ЭВМ и по возможности применять САПР.

1.4. Проект представляется к защите с дифференцированной оценкой. Для приёма проектов может быть назначена комиссия с участием руководителя.

Студенты, имеющие серьёзное отставание в ходе проектирования и не представившие проект в указанный в задании и графике работы срок, по решению кафедры не допускаются к защите проекта.

2. Подготовка материалов к проектированию

Успех работы над проектом во многом зависит от полноты технического материала, собранного студентом во время производственной практики.

Описание технологической схемы производства имеется в "Технологическом регламенте" – документе, хранящемся у технолога цеха (отделения). Регламент содержит также и другие сведения, необходимые для выполнения технологической части проекта и разделов по автоматизации, безопасности и экологичности производства. Чертежи основного оборудования и сведения по механическим характеристикам и расчётам элементов оборудования хранятся у механиков или мастеров ремонтно-механической службы. Технические архивы и лаборатории также могут быть источником необходимой информации.

Основные исходные данные и технические сведения, которые необходимо выяснить во время практики:

1) годовая, месячная, суточная, часовая мощности (производительности) по данному виду продукции или сырью;

2) концентрации, составы материальных потоков (сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и т.д.), требования к качеству сырья и готовой продукции;

3) материальные и тепловые балансы и рецептура (регламент) производства продукта, загрузки в аппараты и т.д.;

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) вид, параметры, и расходы энергоносителей для обеспечения технологического процесса;

6) теплофизические свойства отдельных веществ или их смесей, входя-

щих в рабочие среды (плотность, вязкость температуры кипения или конденсации, теплоёмкость, теплопроводность, теплота фазового перехода и т.д.), т.е. данные, которые потребуются при расчёте оборудования;

7) технические характеристики базового оборудования, аналогичного тому, что задано на проектирование (габаритные размеры, тип, мощность, число оборотов, передаточные числа приводных элементов, марка и тип электродвигателей, площадь поверхности и другие параметры теплообменного оборудования и пр.);

8) марки конструкционных материалов для изготовления аппаратуры, сведения об их коррозионной стойкости, агрессивности сред и защитных покрытиях;

9) условия проведения испытаний на прочность и герметичность;

10) безопасность и экологичность действующего оборудования, характер выбросов в атмосферу, очистные сооружения и т.п.

Нередко 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 по устранению этих недостатков и оценить эффективность выполненных работ. Необходимо получить информацию о том, были ли устранены имевшиеся недостатки, на каких параметрах отразились эти работы не появились ли новые недостатки и не увеличились ли расходы на энергетику. Полезно также познакомиться с перспективными планами на ремонт и модернизацию оборудования, выяснить причины включения в план этих работ.

СТРУКТУРА ПРОЕКТА

По ГОСТ 2.106–68 (ЕСКД) [2–4] предусмотрены текстовые конструкторские документы, содержащие в основном сплошной текст (описание, расчёты 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 пояснительной запиской.

1. Содержание пояснительной записки

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

- 1) титульный лист;
- 2) задание на выполнение курсового проекта;
- 3) содержание;
- 4) введение;
- 5) разделы записки:
 - описание основного оборудования (примерно до 6 страниц текста);

- материальный, энергетический (тепловой) и эксергетический балансы (до 8 страниц);
- обзор и анализ литературных источников по теме проекта (до 5 страниц);
- технологические расчёты (до 20 страниц);
- конструкторско-механическая часть (до 20 страниц);
- 6) заключение;
- 7) список использованной литературы;
- 8) приложения:
 - дополнительные иллюстративные и расчётные материалы; инструкции; документы;
 - программы расчёта на ЭВМ;
 - спецификации;
 - материалы вспомогательного характера, помещение которых в основной части записки нецелесообразно.

2. Содержание графической части курсового проекта

В графическую часть курсового проекта входят:

- 1) общие виды, разрезы и сечения основного оборудования (2–3 листа);
- 2) рабочие чертежи деталей (1 лист)

Приведённый состав графической части является рекомендательным. По согласованию с руководителем он может корректироваться. Графические материалы должны отражать все основные технические решения проекта.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Общие положения и рекомендации по выполнению записки для курсового проекта являются следующими.

1. Титульный лист

Титульный лист заполняется студентом по форме (приложение 1).

2. Задание на выполнение курсового проекта

Задание выдаётся студенту в начале последнего семестра. Одновременно составляется календарный график работы над проектом.

3. Содержание

Содержание включает наименование всех разделов, начиная с "Введения" и заканчивая "Приложением", подразделов, если таковые имеются, с указанием номера страницы, на которой размещается начало раздела, подраздела.

Пример составления содержания приведён в приложении 2.

4. Введение

Во введении нужно обосновать целесообразность и значимость темы курсового проекта. Формулируется цель проекта, указывается важность и называются пути решения поставленной задачи. Объём введения до 3 страниц.

5. Содержание основных разделов

5.1. *Описание основного технологического оборудования* может сопровождаться эскизами или схематичным изображением оборудования и его элементов. Подробно излагается устройство и принцип работы оборудования, его основные достоинства и недостатки.

5.2. Основой для составления *материального баланса* служат данные из технологического регламента, полученные во время практики. Они включают режим работы производства и его отдельных элементов, загруженность оборудования. При выполнении расчётов по составлению материального баланса можно использовать методику и рекомендации в [63].

Материальный баланс может быть представлен в форме уравнений, таблиц и диаграмм, наиболее часто материальный баланс представляют в форме таблиц. Примерный вариант такой таблицы приведён в приложении 3.

Из материальных балансов можно оценить долю побочных потоков, сопутствующих потокам основной продукции. Анализ структуры побочных потоков может привести к выводам о том, что данное производство является высокочрезвычайно, неэффективным, поэтому необходимы поиски вариантов замены этих потоков, поиски новых технологических решений или путей совершенствования существующей схемы за счёт каких-либо мер эффективного ресурсосбережения.

5.3. Поскольку именно материальные потоки являются носителями тепловых (энергетических) потоков, то материальный баланс служит основой составления *теплового (энергетического) баланса*. Поэтому все статьи материального баланса должны быть учтены в тепловом (энергетическом) балансе. Кроме того, здесь учитываются тепловые эффекты химических превращений и потери [6, 63].

Тепловой баланс представляют в виде уравнений или в виде таблицы, примерный вариант которой приведён в приложении 4.

Данные о параметрах тепловых потоков, учитываемых в статьях баланса, также необходимо получать во время производственной практики. Из справочников [6–15] определяются требуемые теплофизические свойства материальных потоков реагентов и теплоносителей.

Из тепловых балансов чётко можно проследить, в каких элементах технологической схемы большие расходы тепла, какое оборудование работает энергетически неэффективно, на какие статьи баланса приходится большая часть энергозатрат. Выявленные элементы с низкой эффективностью можно заменить на более эффективные или перевести их работу на оптимальные режимы.

5.4. Для проведения более глубокого анализа составляется *эксергетический баланс* [16]. Он позволяет установить не только количественную величину тепловых (энергетических) потоков, но и их качество, их способность к взаимопревращениям в другие виды энергии. Именно потоки эксергии опре-

деляют возможность полезного использования тепловых потоков, а следовательно, и указывают пути эффективного энергосбережения.

5.5. *Литературный обзор* включает анализ учебной, монографической и периодической научно-технической литературы по разрабатываемой проблеме.

5.6. *Технологические расчёты*: производятся для обоснования и определения размеров оборудования, технических и режимных (технологических) характеристик. Задачей расчёта может быть определение оптимального варианта типоразмера из стандартного ряда принятого типа аппарата. Требуемый комплекс технологических расчетов согласовывается с руководителем при выдаче задания и может уточняться при работе над проектом.

Ниже указаны основные расчёты, выполняемые для некоторых видов оборудования.

а. *Теплообменные аппараты и теплообменные устройства*, встроенные в технологическое оборудование, реакторы, рубашки, погружные змеевики, теплоотводящие устройства на контактных тарелках, змеевики в кубе ректификационных колонн и т.п. Рассчитываются тепловые балансы, коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи, другие режимные и конструктивные характеристики [14, 15, 17–19]. По указанию руководителя могут выполняться расчёты гидравлических сопротивлений [20]. Имеются особенности теплового расчёта теплообменников периодического действия [15] и контактного типа [21]. В ряде производств применяются спиральные и пластинчатые [22], блочные углеграфитовые [23, 24] теплообменники. Расчёты теплообмена в аппаратах с рубашками и другими подобными элементами изложены в [15, 25, 26]. Аппараты воздушного охлаждения являются специальными теплообменниками и часто находят применение в качестве конденсаторов – холодильников [27, 28], что экономически оправдано.

б. *Массообменное колонное оборудование*. Среди большого многообразия массообменного оборудования при выполнении курсовых и дипломных проектов чаще приходится рассчитывать и проектировать ректификационные и абсорбционные аппараты и установки [1, 25, 30–37]. Используемые при этом смеси являются, как правило, многокомпонентными или сложными. Технологический расчёт колонн для разделения таких смесей имеет особенности [18] по отношению к бинарным смесям.

в. *Оборудование для проведения процессов сушки*. Конструкции сушильных аппаратов чрезвычайно разнообразны [1, 38–42]: сушилки барабанного типа; распылительные; ленточные; с кипящим (псевдоожигенным) слоем; туннельные и т.д. и каждый тип сушилок имеет свои особенности расчёта. При проектировании сушильных аппаратов проводятся расчёты статики, кинетики и динамики процессов сушки [14, 42]. По усмотрению руководителя проекта, могут быть проведены гидродинамические расчёты.

г. *Смесительные аппараты*. Большую часть оборудования данного класса составляют аппараты с механическим перемешиванием. В зависимо-

сти от назначения аппарата определяют расчётом или принимают по типовым аналогам его ёмкость, 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; мощность на перемешивание; размеры перемешивающего устройства. Принимая потери на трение в опорах и уплотнениях вала мешалки, находят мощность привода [17, 43, 44]. По числу оборотов и мощности принимают один из типовых приводов с мотором-редуктором или специальной конструкции [25, 45]. В некоторых смесительных аппаратах используют воздушный и циркуляционный способы перемешивания, а в ряде непрерывных процессов применяются смесители диафрагменного и инъекционного типов [17, 46–48].

д. *Аппаратура для разделения неоднородных систем.* Из широкого многообразия этих аппаратов и машин при выполнении проектов чаще приходится рассчитывать оборудование для проведения процессов фильтрации [49, 50], центрифугирования [51, 52], очистки газов от пыли [1, 17, 53].

е. *Насосы динамические и объёмные.* В соответствии с заданием расчёты насосного оборудования выполняют в проектном или поверочном вариантах. В проектных расчётах определяют 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 налипанию; стоимость. Следующим этапом подбора динамических насосов (центробежных, вихревых) является определение их основных гидравлических параметров, т.е. подачи и напора. 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 течек забора и нагнетания жидкости, т.е. геометрическую высоту всасывания и геометрический напор; длину и диаметр трубопроводов; все виды и количество местных сопротивлений (вентили, задвижки, колена и т.п.).

Для объёмных насосов с возвратно-поступательным движением рабочих элементов (поршневых, плунжерных, скальчатых, диафрагменных) определяют размеры и параметры, которые обеспечивают заданную подачу насоса. Подбирают приводное устройство [54]. Для объёмных насосов с вращательным движением рабочих элементов (шестерённых, винтовых, лопастных, пластинчатых и др.) рассчитывают размеры рабочих элементов и камер, число оборотов, мощность привода [55].

ж. *Промышленная печь* – термотехнологическое устройство, предназна-

ченное для осуществления химических и физико-химических превращений исходных материалов путём тепловой обработки их при оптимальных температурах.

В печах используется тепло, полученное от сжигания топлива или от электронагревателей, и тепло экзотермических реакций. В настоящее время используется много разнообразных по конструкции и назначению печей [17, 25, 56].

В промышленности органического синтеза (производство пластмасс, химических волокон, синтетических каучуков, лаков, красителей, растворителей и т.п.), нефтехимии и нефтепереработке широко используются трубчатые печи [25, 33, 35]. Такие печи являются не просто огневыми нагревателями, а представляют собой реактор, работающий в очень тяжёлых температурных условиях, имеющий специальную конструкцию змеевиков и горелочных устройств, сложную обвязку трубопроводов и устройства по автоматизации процесса.

Методика расчёта трубчатых печей изложена в [25, 35, 57], примеры расчёта даны в [33, 58]. Сведения по устройству, эксплуатации и ремонту печей содержатся в [59, 60]. Расчёт горения топлива и проектирование топочных устройств можно проводить с использованием методик и рекомендаций [61].

3. В основе химического производства лежат химические реакции, которые протекают в специальных аппаратах – *химических реакторах*. Выбор типа и конструкции реактора определяется как параметрами тепло- и массообмена в реакторе (скоростью жидких и газообразных потоков, перемешиванием реагентов, величиной площади поверхности раздела фаз и т.д.), так и характеристиками химических реакций [1, 17, 62, 63].

5.9. *Конструкторско-механическая часть*. Это раздел включает обоснование выбора конструкционных материалов и механические расчёты узлов и деталей, указанных в задании.

Для химической аппаратуры важнейшим фактором при назначении материала является его коррозионная и эрозионная стойкости. Рекомендации по выбору материала для различных рабочих сред с учётом их свойств и рабочих параметров процесса даны в справочниках [45, 64–66]. Строго регламентирован выбор материалов для изготовления объектов Ростехнадзора. Эмалированная и гуммированная аппаратура имеют особенности в конструкции отдельных элементов [67, 68].

Температурный фактор существенно влияет на выбор конструкционных материалов. При высоких температурах приходится использовать жаростойкие и огнеупорные материалы, например в химических печах [56]. В области низких и сверхнизких температур, например в установках разделения воздуха, необходимо учитывать, что обычные марки углеродистых сталей становятся непригодными из-за хладноломкости (явление "охрупчивания"). Этим объясняется изготовление аппаратуры установок глубокого холода из цвет-

ных металлов и сталей аустенитного класса [45, 64]. Соответственно принятым маркам материалов должны быть назначены материалы для сварки, пайки и склеивания [45, 64, 67, 69, 70].

Ответственным является назначение материалов для изготовления аппаратуры высоких (свыше 10 МПа) и сверхвысоких (свыше 200 МПа) давлений [45, 64, 71].

Для выбранных материалов находят их физико-механические свойства.

Выполняются механические расчёты элементов оборудования на прочность, устойчивость форм (при действии давления снаружи), устойчивость положения (против опрокидывания аппарата ветровой нагрузкой), расчёты на критические скорости валов и виброустойчивость. Расчёту подлежат детали и узлы, воспринимающие нагрузки – обечайки, крышки, днища, корпуса аппаратов высокого давления, трубные решётки, сварные швы, соединения труб и частей аппаратов, балки, лапы, опорные бандажи, элементы фундамента, каркасы, лопасти мешалок, валы, оси, штоки, цилиндры, подшипники и др.

В начале расчёта выявляют все силовые факторы, воздействующие на элементы аппарата (машины): давление среды – внутреннее или наружное; силы тяжести; ветровые нагрузки; сейсмические нагрузки (для ряда географических регионов); связанные с разностью температур соединённых друг с другом элементов; центробежные силы и т.п. В соответствии с характером проекта и заданием расчёты могут выполняться в проектном или поверочном вариантах. В последнем случае на удовлетворение требованиям механической прочности проверяются размеры элементов, которые были определены ранее в технологическом расчёте.

При проектировании предпочтительно использовать инженерные методики расчёта элементов, оформленные в виде ГОСТов и ОСТов [72–76] и др. При недоступности этих нормативных документов используют справочную литературу [45, 51, 64, 69, 77, 78].

6. Заключение

Заключение основной части пояснительной записки содержит краткие выводы по результатам работы, предложения по их использованию, а также новые направления развития решаемой проблемы в перспективе.

7. Список использованной литературы

Список должен содержать перечень источников информации, использованных при выполнении проекта в порядке их упоминания и ссылок на них в тексте. При составлении списка используются правила и требования ГОСТ 7.1–84.

8. Приложения

Приложения оформляются как продолжение пояснительной записки.

Части приложения нумеруются, в правом верхнем углу каждой новой страницы пишется слово "Приложение", под ним в середине страницы даётся название приложения.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ТЕКСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Пояснительная записка оформляется в компьютерном варианте на одной стороне писчей нелинованной бумаги формата А4 (210×297 мм) шрифтом Times New Roman номер 14, интервал полуторный, абзацный отступ 1,27 (5 знаков), выравнивание по ширине страницы. Размер полей: левого – 30 мм; правого – 10 мм; верхнего и нижнего – 20 мм.

В тексте не должно быть подчеркнутых и сокращенных слов (за исключением общепринятых сокращений, установленных ГОСТ 2.316-2008 и ГОСТ 7.12-93).

Каждый раздел записки начинается с новой страницы. Основные разделы 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. (четвёртый подраздел второго раздела). Пункты также нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого подраздела, например: 2.4.5. (пятый пункт четвёртого подраздела второго раздела).

Содержание, введение и заключение не нумеруются.

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 подчёркивать заголовки, переносить слова в заголовках и 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 листа. Первой страницей является титульный лист, далее задание, введение и т.д. Номер страницы проставляется, начиная со второй.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц по указаниям ГОСТ 2.105–95. Все таблицы должны иметь заголовки, раскрывающие их содержание. Таблицы помещаются после первого упоминания о них в тексте. Графу "№ п.п." в таблицу включать не следует. Все таблицы нумеруются в пределах каждого раздела арабскими цифрами. Слово "Таблица" с указанием её порядкового размещается над заголовком таблицы в правом верхнем углу. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделённых точкой, например, "Таблица 3.4" (четвёртая таблица третьего раздела). В тексте должны быть ссылки на все таблицы, например: ... (табл. 3.4), а при повторных ссылках указывать: ... (см. табл. 3.4).

Все иллюстрации (схемы технологические, схемы гидравлические, эскизы, графики, фотоснимки, светокопии и т.д.) называют рисунками. Рисункам дают название и в пределах каждого раздела нумеруют арабскими цифрами. Номер рисунка должен состоять из номера раздела и его порядкового номера, разделённых точкой. Например: Рис. 4.3. ... (третий рисунок четвёртого раздела). Рисунки помещают сразу же после первого упоминания о них. Ссылки на иллюстрации в тексте записки осуществляются по типу: ... (рис. 4.3). Ссылки на ранее упомянутые иллюстрации дают в сокращении: ... (см. рис. 4.3). Иллюстрации при необходимости должны иметь поясняющую надпись (подрисуночный 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 чёткое представление об объекте.

Размерность одних и тех же параметров в расчётах должны быть выдержаны в одной системе единиц. Предпочтительное применение имеет Международная система единиц измерений СИ (СЭВ 1052–78, ОСТ 26–2084–84).

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

Порядок изложения расчётов определяется характером рассчитываемых величин. Расчёты должны содержать эскиз или схему рассчитываемого элемента с указанием силовых нагрузок, конструктивных размеров и других исходных данных, сформулированную задачу расчёта, принятые допущения и упрощения с их обоснованием, выбранную расчётную методику с указанием ссылки на литературный источник, сам расчёт и выводы, полученные по его результатам.

Формулы в записке должны быть напечатаны тем же шрифтом, что и текст, но не менее 3,5 мм высотой (14 пунктов). Формулы нумеруют в пределах каждого раздела арабскими цифрами и только в том случае, если в дальнейшем тексте есть ссылка на данную формулу. Номер состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделённых 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 расшифровки должна начинаться со слова "где" без двоеточия, *например*:

Расчётная площадь поверхности теплообмена F_p определяется по выражению [18, с.168]:

$$F_p = \frac{Q}{K\Delta t_{cp}} = \frac{771000}{503 \cdot 42,1} = 36,4 \text{ м}^2, \quad (2.8)$$

где Q – расход теплоты на нагрев толуола, Вт;

K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К);

Δt_{cp} – средняя разность температур, К.

Ссылки на литературу отмечаются записью в квадратных скобках, например: [6, с. 32-40]. Первое число указывает номер источника в списке использованной литературы, далее указывается страница или интервал страниц, на которые даётся ссылка.

Расчёты, выполненные на ЭВМ с предварительным составлением программы счёта, оформляются в соответствии с общими требованиями. При этом излагается методика (алгоритм) счёта, 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 расчётов все пояснения к ним излагаются только в первом расчёте, а в остальных случаях даются ссылки на соответствующие страницы записки.

Записке в целом присваивается обозначение (шифр документа), состоящее из буквенно-цифрового кода, например: КФБН 00.00.000.ПЗ, где буквенная часть обозначения соответствует шифру университета.

Пояснительная записка должна быть сброшюрована или переплетена и представлена в обложке или папке.

ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графическая часть проекта выполняется в соответствии с едиными требованиями, приведёнными в государственных стандартах на Единую систему конструкторской документации (ЕСКД).

В зависимости от тематики курсового проекта 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] – 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.

Чертежи выполняются на ЭВМ в графических редакторах Компас 3D или AutoCAD. Демонстрационные чертежи (плакаты) могут выполняться тушью, фломастерами, цветными карандашами. Степень заполнения листов – не менее 70%.

На всех чертежах и схемах выполняется основная надпись в соответствии с ГОСТ 2.301-68 [2–4] по форме 1, последующие листы конструкторских документов – по форме 2а. В графе "Литера", начиная с крайней левой клетки, записывают букву Р (для реального проектирования) и далее буквы К и П (курсовой проект).

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. В этом случае рамку и основную надпись на листах не выполняют.

На каждую сборочную единицу, комплекс, комплект в соответствии с ГОСТ 2.108-68 составляется спецификация на отдельных листах форматом А4 без дополнительных граф. Заглавный лист спецификации имеет форму 1 ГОСТ 2.108-68, все последующие листы имеют форму 1а ГОСТ 2.108-68. Запись изделий производится в алфавитном порядке букв, входящих в наименование, и далее в порядке возрастания цифр, входящих в обозначение.

Перечень основных составных частей и элементов схемы (например, технологической схемы) располагают над основной надписью в виде таблицы.

Пример оформления титульного листа

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
Энгельсский технологический институт (филиал)

Направление *Технологические машины и оборудование*

Кафедра *Технология и оборудование химических, нефтегазовых и
пищевых производств*

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине "Оборудование химических и нефтегазовых производств"
на тему "Сушилка для поликапроамидной крошки"

Проект выполнен студ. *Ивановым С.А.*

Руководитель проекта *Мацнева Т.А.*

Энгельс – 20 __г.

Пример оформления содержания

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1. Литературный обзор	7
2. Конструкция и работа сушилки	10
3. Материальный, тепловой и эксергетический балансы сушилки.....	13
4. Технологические расчёты.....	15
5. Гидравлические расчёты	30
5.1. Гидравлическое сопротивление в первом контуре циркуляции сушильного агента	30
5.2. Гидравлическое сопротивление во втором контуре циркуляции сушильного агента	34
5.3. Рабочие характеристики циркуляционных контуров.....	38
6. Механические расчёты	40
6.1. Расчет корпуса	40
6.2. Расчет крышек	41
6.3. Расчёт опор.....	42
6.4. Компенсация тепловых удлинений трубопроводов	48
Заключение	50
Список литературы	51
Приложения:	
1) Программа расчёта на ЭВМ коэффициентов теплопередачи в теплообменниках 1-ой и 2-ой зон.....	52
2) Распечатка расчётов на ЭВМ.....	54
3) Спецификации чертежей.....	55

Приложение 3

Пример составления материального баланса

МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС КОНВЕРСИИ МЕТАНА

Приход			Расход		
№	Компоненты	кг/ч	№	Компоненты	кг/ч
1.	Природный газ		1.	Водород	1000
1.1.	Метан	2666,7	2.	Оксид углерода	4666,6
1.2.	Углекислый газ	149,6	3.	Водяной пар	3000
2.	Водяной пар	6000	4.	Углекислый газ	149,6
Итого:		8816,3	Итого:		8816,3

Приложение 4

Пример составления теплового баланса

ТЕПЛОВОЙ (ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ) БАЛАНС КОНВЕРСИИ МЕТАНА

Приход			Расход		
№	Компоненты	кДж/ч	№	Компоненты	кДж/ч
1.	Природный газ		1.	Водород	13455000
1.1.	Метан	642587,4	2.	Оксид углерода	4703981,1
1.2.	Углекислый газ	13355,7	3.	Водяной пар	4220983,1
2.	Водяной пар	1165145,3	4.	Углекислый газ	121823,8
3.	Теплота сгорания топлива	55156484,5	5.	Теплота реакции	34366529
			6.	Потери	109265,9
Итого:		56977582,9	Итого:		56977582,9

Пример обозначения чертежа

КФБН 63.01.03.005

Шифр университета

Номер варианта (две последние
цифры номера зачетной книжки
студента)

Порядковый номер сборочной единицы
(узла), входящей в изделие (от 01 до 99)

Порядковый номер сборочной единицы
(подузла), входящей в предыдущую
сборочную единицу (узел) (от 01 до 99)

Порядковый номер детали, входящей
либо в само изделие, либо в узел,
либо в подузел (от 01 до 999)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поникаров И.И., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки. Москва. Альфа - М, 2006 - 608 с.
2. Федоренко В.А., Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению/ Под ред. Г.Н. Поповой. Л.: Машиностроение, 1981. 416 с.
3. Градиль В.П., Моргун А.К., Егошин 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. Богданов, И.Ф. Малежик, А.П. Верхола и др. М.: Машиностроение, 1989. 864 с.
5. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. М.: Химия, 1991. 432 с.
6. Бесков С.Д. Технохимические расчёты. М.: Высшая школа, 1966. 520 с.
7. Методы расчёта теплофизических свойств газов и жидкостей/ В.Ф. Абросимова и др. М.: Химия, 1974. 248 с.
8. Викторов М.М. Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчёты. Л.: Химия, 1977. 360 с.
9. Справочник химика. В 6-ти томах. Т. 1. Л.: Химия, 1971. 1071 с.
10. Печенегов Ю.Я. Расчёты теплофизических свойств газовых и жидких теплоносителей. Саратов: СПИ, 1982. 84 с.
11. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие/ Пер. с англ.; Под ред. Б.И. Соколова. Л.: Химия, 1982. 592 с.
12. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 1963. 708 с.
13. Справочник азотчика. 2-е изд., перераб. М.: Химия, 1987. 464 с.
14. Романков П.Г., Павлов К.Ф., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М: ООО «ИД Альянс», 2006 г. – 576 с.
15. Хоблер Т. Теплопередача и теплообменники. М.: Госхимиздат, 1961. 820 с.
16. Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Гурьева Л.В. Оптимизация теплообменных процессов и систем. М.: Энергоатомиздат, 1988. 192 с.
17. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи/ Под ред. В.Н. Соколова. Л.: Машиностроение, 1982. 384 с.
18. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: ООО «ИД Альянс», 2008. 496 с.
19. Печенегов Ю.Я. Примеры расчётов и решений задач по процессам тепло- и массопереноса. Саратов: СПИ, 1978. 72 с.
20. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Госэнергоиздат, 1975. 364 с.
21. Контактные теплообменники/ Е.И. Таубман, В.А. Горенев, В.Л. Мельцер и др. М.: Химия, 1987. 256 с.

22. Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. М.: Машиностроение, 1973. 288 с.
23. Ильин В.Г. Теплообменные аппараты из графита. М.: Машиностроение, 1965. 240 с.
24. Каневский Л.С., Синявский Б.С. Углеграфитовая теплообменная аппаратура. М.: Машиностроение, 1969. 100 с.
25. Скобло А.И., Трегубова И.А., Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. М.: Химия, 1982. 584 с.
26. Справочник по теплообменникам. Т. 1 и Т. 2. Пер. с англ./ Под ред. О.Г. Мартыненко и др. М.: Энергоатомиздат, 1987.
27. Давидова Г.Я. Теплообменные аппараты холодильных установок. М.: Машиностроение, 1973. 328 с.
28. Основы расчёта и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник/ А.И. Бессонный и др./ Под общ. ред. В.Б. Кунтыша, А.И. Бессонного. СПб.: Недра, 1996. 512 с.
29. Машины и аппараты химических производств: Учебное пособие для вузов / А.С. Тимонин и др. / Под общей редакцией А.С. Тимонина. – Калуга: Издательство Н.Ф. Бочкаревой, 2008. – 872с.
30. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. М.: Химия, 1978. 280 с.
31. Рамм В.М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1968. 767 с.
32. Кузнецов А.А., Судаков Е.Н. Расчёты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов: Справочное пособие. М.: Химия, 1983. 224 с.
33. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н. Расчёты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. Л.: Химия, 1974. 342 с.
34. Багатуров С.А. Основы теории перегонки и ректификации. М.: Химия, 1974. 440 с.
35. Расчёты основных процессов и аппаратов нефтепереработки: Справочник/ Г.Г. Рабинович, П.М. Рябых, П.А. Хохряков и др./ Под ред. Е.Н. Судакова. М.: Химия, 1979. 568 с.
36. Стабников В.Н. Ректификационные аппараты. М.: Машиностроение, 1965. 356 с.
37. Стабников В.Н. Расчёт и конструирование контактных устройств ректификационных и абсорбционных аппаратов. Киев: Техника, 1970. 208 с.
38. Машины и аппараты химических производств/И.И. Чернобыльский, А.Г. Бондарь, Б.А. Гаевский и др.; Под ред. И.И. Чернобыльского. М.: Машиностроение, 1975. 456 с.
39. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия, 1976. 432 с.
40. Лебедев П.Д. Расчёт и проектирование сушильных установок. М.:

Госэнергоиздат, 1956. 464 с.

41. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. Л.: Химия, 1979. 272 с.

42. Муштаев В.И., Ульянов В.М., Тимошин А.С. Сушка в условиях пневмотранспорта. М.: Химия, 1984. 232 с.

43. Васильцов Э.А., Ушаков В.Г. Аппараты для перемешивания жидких сред: Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1979. 272 с.

44. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. Л.: Химия, 1976. 384 с.

45. Лащинский А.А., Толчинский Р.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: Справочник. М.: Машиностроение, 1970. 752 с.

46. Холанд Ф., Чапман Ф. Химические реакторы и смесители для жидкофазных процессов. М.: Химия, 1974. 208 с.

47. Бакланов Н.А. Перемешивание жидкостей. Л.: Химия, 1979. 62 с.

48. Рейхсфельд В.О., Шеин В.С., Ермаков В.И. Реакционная аппаратура и машины заводов основного органического синтеза и синтетического каучука: Учебное пособие для вузов. М.: Химия, 1985. 264 с.

49. Жужиков В.А. Фильтрация: Теория и практика разделения суспензий. М.: Химия, 1971. 440 с.

50. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. Л.: Химия, 1991. 352 с.

51. Соколов В.И. Центрифугирование. М.: Химия, 1976. 408 с.

52. Шкоропад Д.Е., Новиков О.П. Центрифуги и сепараторы для химических производств. М.: Химия, 1987. 256 с.

53. Алиев Г.М.–А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд. М.: Металлургия, 1986. 544 с.

54. Кузнецов О.В., Цибаровский Л.Н. Подбор насосного оборудования. Экспресс-информация. Серия М-4. № 6. М.: ЦИНТИХимнефтемаш, 1981. 28 с.

55. Юдин Е.М. Шестерёнчатые насосы. Основные параметры и их расчёт. М.: Машиностроение, 1964. 235 с.

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

57. Эмирджанов Р.Т., Лемберанский Р.А. Основы технологических расчётов в нефтепереработке и нефтехимии. М.: Химия, 1989. 192 с.

58. Масальский К.Е., Годик В.М. Пиролизные установки. М.: Химия, 1968. 144 с.

59. Ентус Н.Р., Шарихин В.В. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей промышленности. М.: Химия, 1987. 304 с.

60. Вихман Г.А., Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. М.: Машиностроение, 1978. 328 с.

61. Исламов М.Ш. Проектирование топок специального назначения. Л.: Энергоиздат, 1982. 168 с.

62. Смирнов Н.Н., Волшинский А.И. Химические реакторы в примерах

и задачах. Л.: Химия, 1986. 224 с.

63. Расчёты химико-технологических процессов/ Под общ. ред. И.П. Мухленова. Л.: Химия, 1976. 304 с.

64. Лащинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Л.: Машиностроение, 1981. 385 с.

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

66. Рахмилевич З.З., Радзин И.М., Фарамазов С.А. Справочник механика химических и нефтехимических производств. М.: Химия, 1985. 592 с.

67. Макаров 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.

68. Гуммированное химическое оборудование: Каталог. М.: ЦИНТИ-Химнефтемаш, 1976. 48 с.

69. Смирнов Г.Г., Толчинский А.Р., Кондратьева Т.Ф. Конструирование безопасных аппаратов для химических и нефтехимических производств/ Под общ. ред. А.Р. Толчинского. Л.: Машиностроение, 1988. 303 с.

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

71. Сосуды и трубопроводы высокого давления: Справочник/ Е.Р. Хисматулин, Е.М. Королёв, В.И. Лившиц и др. М.: Машиностроение.

72. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Изд-во стандартов, 1989. 80 с.

73. ОСТ 26-373-78. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность фланцевых соединений. М.: Изд-во стандартов, 1978. 38 с.

74. ОСТ 26-1185-81. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность элементов теплообменных аппаратов. М.: Изд-во стандартов, 1981. 20 с.

75. ГОСТ 24757-81. Сосуды и аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Изд-во стандартов, 1981. 20 с.

76. ГОСТ 25867-83. Сосуды с рубашками. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Изд-во стандартов, 1983. 36 с.

77. Расчёт и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи/ М.Ф. Михалёв, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зонин/ Под ред. М.Ф. Михалёва. Л.: Машиностроение, 1984. 300 с.

78. Канторович З.Б. Основы расчёта химических машин и аппаратов. М.: Машгиз, 1952. 572 с.

Мацнева Татьяна Александровна
Черемухина Ирина Вячеславовна

Оборудование химических и нефтегазовых производств

Методические указания

Ответственный за выпуск Мацнева Т.А.
Оригинал-макет Мацнева Т.А.

Подписано в печать _____
Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать RISO.
Объем _____. Тираж 30 экз. Заказ № _____

413100, Россия, Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.