

**Министерство образования и науки
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

Новомосковский институт (филиал)

Каменский М.Н.

**ОСНОВЫ
ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Новомосковск

УДК 66.013.512
ББК 30.2

Рецензент:

Золотарева В.Е.
заместитель декана Энерго-механического факультета,
канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
(НИ(филиал) ФГБОУ ВО «РХТУ им. Д.И. Менделеева»)

Каменский М.Н.

Основы инженерного проектирования. Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы. Новомосковский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». Новомосковск, 2016. 48 с.

В предлагаемом учебно-методическом пособии представлены основные стадии проектирования оборудования химических производств, исходные данные для проектирования, задания и методические указания по выполнению контрольных работ и курсовой работы.

Пособие предназначено для студентов Новомосковского института РХТУ имени Д.И. Менделеева.

Введение	4
1. Основные стадии проектирования химических производств и оборудования	6
2. Исходные данные для проектирования оборудования химических производств	10
2.1. Перечень исходных данных для проектирования установок процессов ректификации, перегонки, абсорбции	10
2.2. Перечень исходных данных, необходимых для расчета и выбора оборудования процессов фильтрации	11
2.3. Перечень исходных данных для расчета и выбора оборудования выпарных установок	12
2.4. Перечень исходных данных, необходимых для проектирования процесса сушки	14
2.5. Перечень исходных данных для проектирования процессов кристаллизации	14
2.6. Перечень исходных данных для проектирования технологических узлов дозировки, смешения и размола	15
2.7. Перечень исходных данных для проектирования установок термического обезвреживания промстоков и кубовых остатков химических производств	17
2.8. Перечень данных для проектирования процессов электролиза	17
3. Типовые схемы монтажной проработки узлов оборудования	19
3.1. Монтажная проработка узлов теплообмена	
4. Контрольные задания для проверки знаний	25
4.1. Контрольная работа № 1	25
4.2. Контрольная работа № 2	26
5. Указания по выполнению курсовой работы	28
6. Пример выполнения курсовой работы	32
Литература	44

Целью освоения дисциплины «Основы инженерного проектирования» является обеспечение базовой подготовки студентов в области структуры и организации современного проектирования, а также овладения методами и средствами проектирования, применительно к объектам химической техники.

Задачи преподавания дисциплины:

- освоить основные этапы и процесс организации проектирования;
- овладеть основными стадиями проектирования химического оборудования;
- освоить основные принципы систем автоматизированного проектирования (САПР);
- знать основные виды расчетов химического оборудования.

Дисциплина базируется на курсах циклов естественнонаучных и профессиональных дисциплин: математика, физика, информатика, начертательная геометрия, инженерная графика, материаловедение, процессы и аппараты химических производств, основы эксплуатационной надежности и технического обслуживания оборудования, безопасность жизнедеятельности, детали машин.

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

- владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;
- использование основных положений и методов социальных, гуманитарных и естественных наук при решении социальных и профессиональных задач;
- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, наличием навыков работы с компьютером как средством управления информацией;
- способность применять современные методы исследования

технологических процессов и природных сред, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе;

- способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты;

- способность участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных технологий;

- способность проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные стадии проектирования химических производств;
- виды конструкторских документов;
- основные принципы систем автоматизированного проектирования;
- основные условия выбора района размещения проектируемого предприятия;
- основные виды расчетов оборудования химических производств.

Уметь:

- формулировать задачи проектирования;
- размещать оборудование химических производств;
- использовать проектно-сметную документацию;
- разрабатывать технологическую схему производства.

Владеть:

- понятийно-терминологическим аппаратом в области проектирования;
- основными принципами проектирования зданий и сооружений химической промышленности;
- современными методами выбора оборудования для химических производств.

1. Основные стадии проектирования химических производств

и оборудования

Разработка конструкции изделия сложный многоступенчатый процесс, для которого характерны три четко выраженные стадии:

- первая (разработка технического задания) процесс установления исходных требований и формирования предварительных (возможных и желательных) очертаний объекта разработки;

- вторая (разработка проектной конструкторской документации) процесс последовательно углубляемой технико-экономической проработки инженерных решений, осуществляемых исходя из данных технического задания, результатов научно-исследовательских работ и практического опыта;

- третья (разработка рабочей конструкторской документации) процесс материального воплощения результатов инженерного поиска, систематизация опытно-промышленных данных и сопоставление их с техническим заданием, внесение необходимых уточнений в документацию.

Конструкторская документация – это графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия. Выделяют проектную и рабочую конструкторскую документацию.

Проектная конструкторская документация (техническое предложение, эскизный и технический проект) содержит все данные, необходимые для разработки изделия, а рабочая конструкторская документация данные для его изготовления.

Конструкторская документация не регламентирует методы и способы изготовления изделия, а также последовательность их применения. Это задача технологической документации. Но данные, содержащиеся в конструкторской документации, в значительной степени влияют на их выбор и применение. Основные стадии проектирования представлены на рисунке 1.

Техническое задание (ТЗ) является важнейшим исходным документом, определяющим целенаправленность и рациональную последовательность проектирования изделия. В процессе разработки технического задания на основе анализа и сопоставления данных практического опыта и результатов научно-исследовательских работ с потребностями производства формируются качественные характеристики.

В общем случае в ТЗ указывают требования к составу и конструктивному устройству изделия, к показателям его качества, составным частям, исходным и эксплуатационным материалам, к стадиям и этапам разработки и т.д. После согласования и утверждения технического задания приступают к разработке проектной документации.

Разработка проектной документации в зависимости от новизны и сложности конструкции изделия включает в себя многовариантное моделирование объекта в документации и анализ различных моделей, основанных на сочетании различных по новизне и сложности и др. признакам составных элементов и выделение оптимального варианта.

Техническое предложение представляет собой совокупность конструкторских документов, которые должны содержать обоснование целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика, результатов научно-исследовательских работ, опыта эксплуатации аналогов, выбранной конструкции и сравнительной оценки различных вариантов решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого изделия. Техническое предложение после согласования и утверждения является основанием для разработки эскизного (технического) проекта.

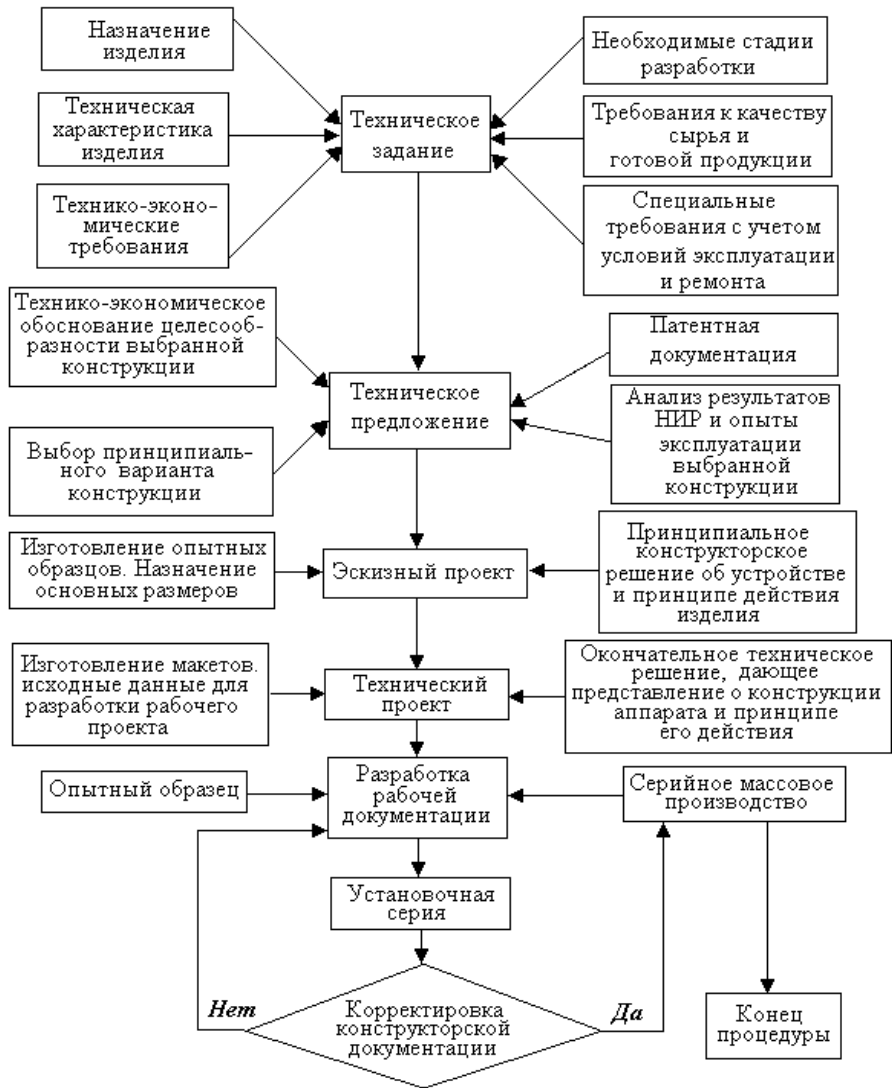


Рис. 1. Основные стадии проектирования

Эскизный проект – это совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия. После рассмотрения и утверждения эскизного проекта приступают к выполнению технического проекта.

Технический проект – это совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей конструкторской документации. Технический проект после согласования и утверждения служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации на изготовление опытного образца, изделия установочной серии и изделия серийного (массового) производства.

Опытный образец изделия – это изделие, изготавливаемое по вновь разработанной рабочей конструкторской документации для проверки его соответствия техническому заданию, последующей необходимой корректировки документации и подготовки технологического процесса изготовления основных частей изделия (в отдельных случаях изготавливают опытную партию изделий).

Изделие установочной серии – это изделие, изготовленное по документации, уточненной после изготовления и по результатам испытания опытного образца для контроля его соответствия техническому заданию, проверки технологического процесса изготовления изделия и последующей, необходимой корректировки документации [1].

2. Исходные данные для проектирования оборудования химических производств

2.1. Перечень исходных данных для проектирования установок процессов ректификации, перегонки, абсорбции

1. Рекомендации по методу разделения (простая перегонка, перегонка с водяным паром, вакуумная ректификация или ректификация под давлением, фракционирующая абсорбция, азеотропная или экстрактивная ректификация).

2. Состав исходной смеси (с указанием возможного диапазона изменения состава). Состав дистиллята и кубового остатка.

3. Характеристика раствора, тип смеси (отклонение от идеальной смеси, гомогенная, гетерогенная):

а) наличие азеотропных смесей и их характеристика (состав и температура кипения);

б) влияние высоких температур, рН среды, содержания примесей в исходном сырье на стабильность смеси и отдельных компонентов. Возможность образования твердых отложений, взрывоопасных продуктов и т.п. Рекомендации по предотвращению этих нежелательных явлений;

в) упругость пара компонентов или данные по парожидкостному равновесию (для идеальных растворов). Влияние давления на величину коэффициента относительной летучести ключевых компонентов (в тех случаях, когда условия разделения требуют существенного изменения давления в колонне, например, ректификация под вакуумом, повышенным давлением, разделение близко кипящих компонентов);

г) плотность и вязкость компонентов в жидком состоянии при необходимости теплоемкость и скрытая теплота испарения компонентов, а также вязкость смеси компонентов в паровой фазе.

4. Рекомендации по выбору типа конструкций контактных устройств (тарелок и насадок).

5. Высота насадки эквивалентная одной теоретической тарелке или КПД тарелки при рабочих условиях, составы дистиллята и кубового остатка, рабочие флегмовые числа и число теоретических тарелок. В конкретных случаях объем материалов по п.5 уточняется научно-исследовательскими организациями совместно с проектными организациями.

6. Особые требования по конструированию ректификационного агрегата в случае полимеризации, выпадению твердых солей и т.п.

7. Данные для расчета материального и теплового баланса процессов ректификации, перегонки, абсорбции [1].

2.2. Перечень исходных данных, необходимых для расчета и выбора оборудования процессов фильтрации

1. Характеристика фильтруемой суспензии:

- а) жидкая фаза: удельный вес, вязкость, температура кипения, токсичность, взрывоопасность, температура кристаллизации и др.;
- б) химический состав твердой фазы;
- в) содержание твердой фазы в суспензии; соотношение фаз;
- г) гранулометрический состав твердой фазы;
- д) удельный вес твердой фазы;
- е) характер частиц твердой фазы кристаллической или аморфной;
- ж) скорость осаждения твердой фазы при отстаивании;
- з) дополнительные сведения, характеризующие суспензии текучесть, условия транспортировки по трубам и т.д.

2. Характеристика осадка:

- а) мажущийся, липкий, плотный, рыхлый, легко отстающий от ткани, склонный к растрескиванию во время вакуум фильтрации;
- б) склонность к измельчению при транспортировке по трубопроводам, в шнеках и т.д.;

в) насыпной вес осадка, содержание жидкой фазы в осадке (в зависимости от способов фильтрации);

г) состав осадка до и после промывки.

3. Режим процесса фильтрации:

а) необходимость водных промывок или обработок другими жидкостями;

б) расход промывочной жидкости на один килограмм осадка, температура промывочной жидкости, состав ее и рекомендации по использованию;

в) температура фильтрации;

г) общее время фильтрации и длительность одного цикла на том или ином виде фильтровального оборудования опытной установки;

д) соображения по выбору современного, выпускающегося промышленностью фильтрующего агрегата;

е) толщина получаемого слоя осадка на фильтре (в случае, если рекомендуется вакуум-фильтр);

и) применяемая и рекомендуемая для фильтрации ткань, сетка или другой пористый материал;

к) коррозионное воздействие среды на различные материалы и рекомендуемый для фильтрации материал аппаратуры;

л) средства регенерации фильтрующей ткани (сетки).

4. Режим регенерации, через какое время должна проводиться регенерация. Рекомендации по использованию регенерационных растворов [1].

2.3. Перечень исходных данных для расчета и выбора оборудования выпарных установок

1. Начальная концентрация упариваемого раствора.
2. Конечная концентрация раствора.
3. Плотность растворов при рабочих концентрациях и температурах.
4. Вязкость растворов при рабочих концентрациях и температурах.
5. Склонность упариваемых растворов к разложению, осмолению, вспениванию и т.п. Рекомендации по предотвращению этих явлений.
6. Температура кипения и замерзания растворов.
7. Условия транспортировки сгущенного раствора, длительность работы аппарата между чистками, промывками, при минимальных отложениях осадков на теплообменной поверхности и т.п., способы удаления отложений по данным опытной установки.
8. Ведется ли выпарка до выпадения кристаллов, и какое при этом соотношение твердое:жидкость, свойства пульпы (транспортальность, скорость осаждения кристаллов).
9. Рекомендации по выбору типа выпарной системы.
10. Рекомендации по выбору материалов аппаратуры и трубопроводов.
11. Рекомендации по обезвреживанию или утилизации сокового пара.
12. Рекомендации по выделению твердого вещества из упаренного раствора.
13. Данные о стабильности компонентов в случае многократной их рециркуляции в производственном цикле.
14. Данные для расчета материального и теплового балансов выпарной установки [1].

2.4. Перечень исходных данных, необходимых для проектирования процесса сушки

1. Начальная влажность поступающего на сушку продукта.
 2. Конечная влажность высушенного продукта.
 3. Консистенция продукта (паста, порошок, брикет) до сушки и после сушки.
 4. Физико-химические свойства продукта до сушки и после сушки: угол естественного откоса, способность к налипанию, слеживанию, комкованию, соображения по абразивным свойствам и электролизуемости, гранулометрический состав порошка с размерами частиц и насыпная плотность, истинная плотность, химический состав, склонность продукта к разложению, температура плавления, размягчения, разложения, склонность к самовозгоранию.
 5. Рекомендуемый тип сушилки.
 6. Удельная производительность сушилки по готовому продукту.
- Опытные данные.
7. Рекомендуемый оптимальный режим сушки: температура, время пребывания, среда, давление и др.
 8. Состав загрязнения и рекомендации по очистке выбрасываемого воздуха.
 9. Данные для расчета материального и теплового балансов сушки [1].

2.5. Перечень исходных данных для проектирования процессов кристаллизации

1. Характеристика раствора, поступающего на кристаллизацию:
 - а) физико-химические свойства раствора, растворителя и растворенных веществ: зависимость растворимости смеси веществ от температуры, плотности растворов с различным содержанием

растворенных веществ, теплоемкости раствора в зависимости от температуры и концентрации (при отсутствии возможности расчета);

б) начальная концентрация растворенного вещества в растворе.

2. Температура процесса кристаллизации. Рекомендуемая скорость охлаждения.

3. Теплота кристаллизации для новых веществ, по которым отсутствуют данные в справочной литературе.

4. Характеристика получаемой суспензии:

а) размер кристаллов (гранулометрический состав);

б) твердость кристаллов;

в) способность измельчаться при перемешивании или перекачке насосами.

5. Время кристаллизации с учетом времени роста кристаллов для получения удовлетворительно фильтруемых суспензий.

6. Данные для расчета материального и теплового балансов кристаллизации [1].

2.6. Перечень исходных данных для проектирования технологических узлов дозировки, смешения и размола

1. Физико-химические свойства компонентов, подаваемых в аппарат, и их смесей: твердость, угол естественного откоса, способность слеживаться, насыпная плотность, истинная плотность, теплоемкость, сыпучесть, температура плавления и размягчения, вязкость (для жидких компонентов), а в случае необходимости пористость.

2. Точность дозирования компонентов. Допустимые отклонения от заданного соотношения смеси. Средние абсолютные и относительные погрешности распределения компонентов в смеси.

3. Физическое состояние смеси после смесителя, необходимость размола, охлаждения и т.д.

4. Рекомендации по нагреванию или охлаждению смеси в процессе смешения, оптимальный режим процесса.

5. Выделяемые в процессе перемешивания газы и пары. Наличие химических процессов при перемешивании.

6. Необходимость измельчения компонентов в процессе смешения, размер частиц после смесителя.

7. Рекомендуемые типы смесителя и дозатора для данного процесса.

8. Данные о размолоспособности компонентов (твердость по шкале Мооса, хрупкость, измельчаемость, способность размягчения, налипания и т.д.).

9. Рекомендуемые типы измельчителей на стадиях предварительного и окончательного измельчения.

Данные о производительности рекомендуемых измельчителей для конкретного материала и тонкость помола.

10. Рекомендации по транспортированию продуктов, в том числе по пневмотранспорту:

а) рекомендуемые скорости пневмотранспортирования для каждого материала;

б) оптимальное соотношение твердого вещества и воздуха;

в) необходимость предварительного рыхления перед подачей продуктов в пневмопровод;

г) тип питателя;

д) возможность образования статического электричества и взрывоопасных концентраций в процессе пневмотранспорта;

е) материал пневмопровода;

ж) допускаемые радиусы и углы поворотов пневмопроводов, допустимость создания горизонтальных участков пневмопровода и их допускаемая протяженность.

11. Рекомендуемый вид тары для расфасовки готовой продукции [1].

2.7. Перечень исходных данных для проектирования установок термического обезвреживания промстоков и кубовых остатков химических производств

1. Характер промышленных стоков или кубовых остатков, подаваемых на обезвреживание:

- а) раствор, суспензия и т.д.;
- б) нейтральные, кислые, щелочные;
- в) склонность к полимеризации;
- г) транспортабельность по трубам и рекомендации по выбору насосов;
- д) вязкость, теплопроводность, теплоемкость, удельный вес;
- е) элементный состав исходных продуктов.

2. Характеристика твердого осадка. Физико-химические свойства: температура плавления, возгонки, кипения, разложения, затвердевания. В случае использования товарный вид, ГОСТ, ОСТ, ТУ, растворимость в воде.

3. Состав возможных продуктов, образующихся при термическом обезвреживании раствора или кубового остатка.

4. Коррозионные свойства раствора кубового остатка и рекомендации по выбору материала и средств перекачки.

5. Токсичность исходных и вновь образующихся соединений, растворов кубовых остатков и продуктов, полученных в результате термического обезвреживания [1].

2.8. Перечень данных для проектирования процессов электролиза

1. Характеристика электролита, поступающего на электролиз. Физико-химические свойства раствора (плотность, растворимость, электропроводность, теплоемкость и т.д.).

2. Характеристика продуктов электролиза жидких и газообразных (токсические свойства, взрывоопасные концентрации, плотность, растворимость, теплоемкость и т.д.).

3. Рекомендуемая конструкция электролизера на основе проведенных комплексных испытаний (сила тока, напряжение, плотность тока, выход по току, конструктивные материалы анодов, катодов, диафрагмы, оптимальный температурный режим, установочный чертеж электролизера).

4. Инструкции по монтажу и эксплуатации электролизера, в том числе пуску, остановке.

5. Основные положения по технике безопасности и электрической безопасности.

6. Удельные расходные коэффициенты.

7. Кривые зависимости показателей электролиза от плотности тока (вольтаж, выход по току, расходы материалов и т.д.), для возможности выявления оптимального режима в конкретных экономических условиях.

8. Инструкции по ремонту электролизеров и необходимые рекомендации для проектирования ремонтных мастерских (замена диафрагм, анодная мастерская, пропитка, заливка стержней и т.п.).

9. Мероприятия по борьбе с токами утечки при прокладке трубопроводов, отборе проб и т.п.

10. Рекомендуемые материалы для трубопроводов и арматуры.

11. Рекомендуемые приборы контроля, регулирования, дистанционного управления, местные и вынесенные на щит и т.п.

12. Межремонтный пробег электролизера.

13. Материальный, тепловой, энергетический и эксергетический баланс электролизера при принятых режимных условиях его работы [1].

3. Типовые схемы монтажной проработки узлов оборудования

Аппараты, работающие под давлением выше, чем 0,07 МПа должны снабжаться следующей арматурой:

1. Запорными органами для отключения сосуда от трубопроводов, подводящих в сосуд, а также отводящих от сосуда пар, газ или жидкость;

2. Приспособлением для удаления находящейся в сосуде среды, а также устройством для продувки и удаления конденсата;

3. Манометром, снабжённым либо трёхходовым краном, либо другим запорным устройством для присоединения другого (контрольного) манометра;

4. Не менее чем одним рычажным или пружинным предохранительным клапаном, устанавливаемым непосредственно на сосудах или на трубопроводе в непосредственной близости от сосуда (при этом, между сосудом и предохранительным клапаном не разрешается установка запорного органа);

5. Указателем уровня жидкости, позволяющим контролировать максимально допустимое наполнение сосуда (при необходимости);

6. Обратным клапаном на подводящей линии от насоса или компрессора;

7. Редукционным клапаном с манометром и предохранительным клапаном, установленными на подводящем трубопроводе, когда сосуд работает под давлением, меньшим давления питающего его источника;

8. Трубопроводами, отводящими из зоны обслуживания сосуда наружу взрыво – и пожароопасные, а также токсичные рабочие среды от предохранительных клапанов.

На рисунке 2 показан вариант обвязки аппарата, работающего под давлением свыше 0,07 МПа.

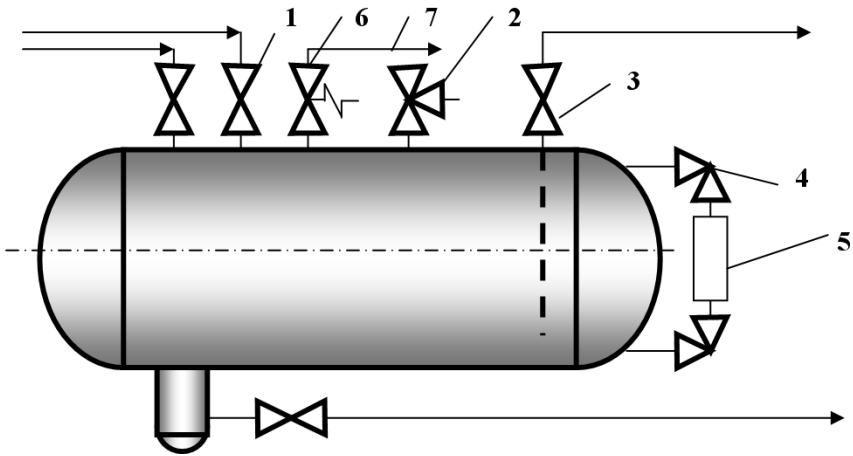


Рис. 2 Схема обвязки аппарата:

- 1, 3 – клапаны запорные проходные для отключения подводящих и отводящих трубопроводов;*
2 – трёхходовой кран для подключения рабочего и контрольного (при необходимости) манометра;
4 – клапаны запорные угловые для подключения указателя уровня;
5 – указатель уровня;
6 – клапан предохранительный проходной;
7 – трубопровод для отвода выхлопов от предохранительного клапана в атмосферу [2].

3.1. Монтажная проработка узлов теплообмена

Наиболее широко применяются в промышленности кожухотрубные теплообменники (рис. 3). Несмотря на большое конструктивное разнообразие таких аппаратов, существуют некоторые общие правила, которыми следует руководствоваться при обвязке трубопроводами и арматурой технологических узлов теплообмена.

Как правило, обвязка должна соответствовать технологической схеме. Однако, если изменение схемы движения теплоносителей не

влияет на интенсивность теплообмена, то следует применять такую схему тока, которая упрощает трубопроводную обвязку узла.

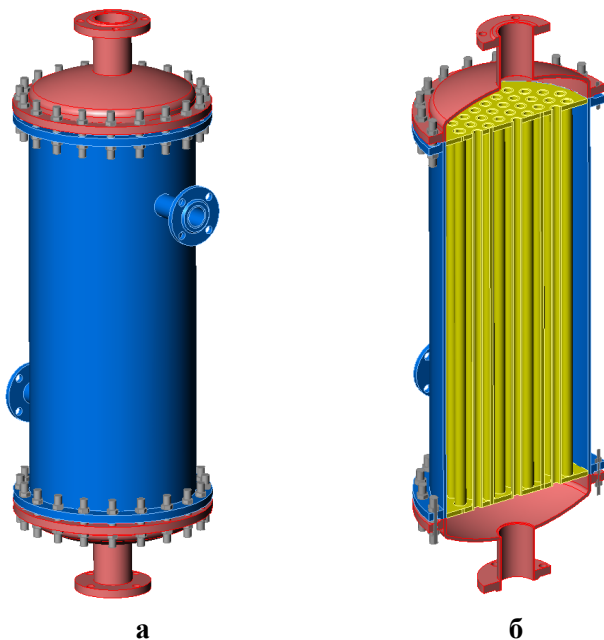


Рис. 3. Кожухотрубный теплообменный аппарат:
а – общий вид; б – вид в разрезе

Обвязку жидкостных теплообменников нужно вести таким образом, чтобы и трубное, и межтрубное пространства во время работы были полностью заполнены жидкостью. С этой целью вводить жидкие продукты в аппарат следует через нижние штуцеры, а выводить – через верхние. Такая схема обвязки способствует непрерывному отводу газов, содержащихся в теплообменивающейся жидкости, накопление которых может снизить эффективность работы аппарата.

Если по каким-либо причинам не удаётся организовать обвязку аппарата указанным выше способом, то на отводящих жидкостных трубопроводах следует предусматривать гидравлические затворы в виде вертикальных петель. Такие устройства препятствуют нежелательному опорожнению аппарата. В верхнюю часть петли

должен быть врезан патрубок – воздушник с запорным клапаном, а нижние части должны содержать врезку патрубка со штуцером и запорной арматурой, открываемой при полном опорожнении аппарата.

Нормальный режим работы теплообменника характеризуется постоянной температурой теплообменивающихся потоков на выходе из аппарата. Для поддержания нормального режима на этих потоках устанавливаются компоненты систем автоматического регулирования (температурные датчики, регулирующие клапаны и т. п.).

На рисунке 4 показаны некоторые типовые схемы обвязки теплообменных аппаратов.

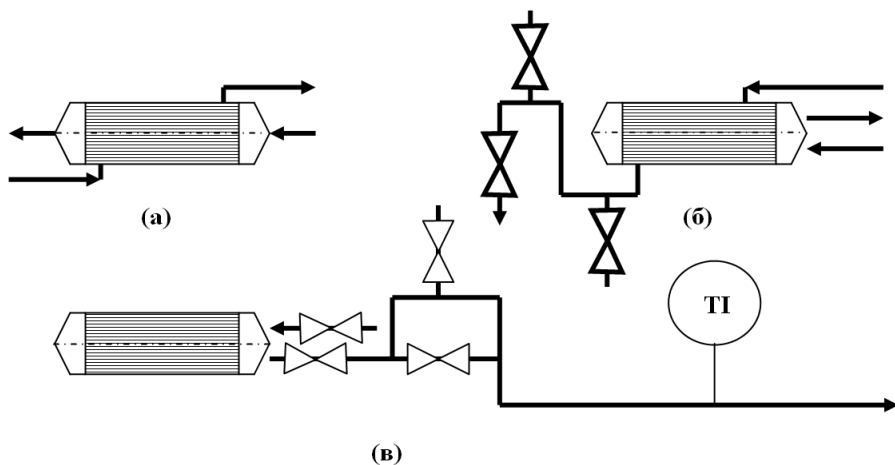


Рис. 4. Типовые схемы обвязки теплообменников:

- (а) – однокходовой теплообменник обвязанный по схеме противотока;
- (б) – способ обвязки, исключающий нежелательное опорожнение межтрубного пространства аппарата;
- (в) – обвязка теплообменника с защитой трубного пространства от нежелательного опорожнения и с измерением «по месту» температуры потока на выходе из аппарата.

Более нагретый теплоноситель следует пропускать по трубам, так как при этом уменьшаются потери тепла в окружающую среду;

- теплоноситель с более высоким давлением направляют в трубное пространство, чтобы не делать толстостенный кожух;

- теплоноситель, способный вызвать коррозию металла, следует направлять по трубам во избежание коррозии корпуса аппарата;

К теплообменной аппаратуре относится также оборудование для утилизации тепла и подогрева продуктов: котлы – утилизаторы и трубчатые печи.

Специфическое оборудование здесь – это трубчатые печи, в которых теплоносителем являются раскалённые дымовые газы, образующиеся при сгорании топлива.

Обвязка трубчатых печей состоит из трубопроводов нагреваемого продуктового газа, жидкостных или газовых топливопроводов, водопроводов для подачи охлаждающей воды к топливным форсункам, паропроводов (при необходимости распыления жидкого топлива) и трубопроводов инертного газа (азота). Охлаждающая вода может подаваться также к дымососу, который может устанавливаться для принудительного удаления дымовых газов из печи.

Прокладка трубопроводов для теплообменников определяется температурным режимом работы аппаратов и возможным изменением агрегатного состояния рабочих сред (например, конденсацией паров).

Прежде всего, имеет значение обеспечение компенсации температурных деформаций обвязочных трубопроводов. С этой целью:

- следует избегать соединения штуцеров соседних аппаратов напрямую;

- каждый горячий трубопровод должен иметь не менее одного поворота на 90° ;

- неподвижные опоры магистральных трубопроводов следует размещать как можно ближе к местам врезки в них отводов к отдельным аппаратам;

- предусматривать, при необходимости, на трубопроводах температурные компенсаторы или размещать аппараты на скользящих опорах.

Также важно защитить трубопроводы от гидравлических ударов, образования гидравлических пробок. Для этого:

- трубопроводы теплообменников врезают в магистральные трубопроводы сверху или сбоку, а не снизу;

- обвязочные трубопроводы должны прокладываться от аппарата к аппарату с уклоном не менее 5 мм/пог. м;

- необходим постоянный дренаж «гидравлических мешков» паропроводов либо с помощью конденсатоотводчиков, либо прокладкой продувочных линий, открываемых во время остановки основной линии (при этом, конденсатоотводчики нужно устанавливать обязательно ниже аппаратов или трубопроводов, из которых отводится конденсат, иначе при значительных колебаниях температуры аппараты и трубопроводы могут заполняться конденсатом) [2].

4. Контрольные задания для проверки знаний

4.1. Контрольная работа № 1

Контрольная работа №1 состоит из двух частей.

Каждый студент выполняет вариант заданий, обозначенный двумя последними цифрами зачетной книжки (шифра):

6	0	4	8	<u>0</u>	<u>2</u>
				<i>a</i>	<i>b</i>

По цифре *a* выбирается вариант задания № 1.1 (2.1), по цифре *b* – вариант задания № 1.2 (2.2).

На следующие задания дайте ответы и приведите примеры из промышленности.

Задание № 1.1.

1. Нормативные документы и стадии проектирования.
2. Организация проектных работ.
3. Технологическое проектирование.
4. Общеинженерное проектирование.
5. Экономическая эффективность систем автоматизированного проектирования.
6. Задачи проектировщика.
7. Методика проектирования.
8. Техничко-экономическое обоснование проектирования.
9. Проектно-сметная документация.
0. Виды конструкторских документов.

Задание № 1.2.

1. Задание на проектирование.
2. Выбор района размещения проектируемого предприятия.
3. Разработка проектной документации по охране окружающей среды.

4. Прогноз воздействия объекта при возможных авариях.
5. Технологический процесс как основа промышленного проектирования.
6. Устройство отопления, вентиляции, водоснабжения и канализации проектируемых объектов.
7. Содержание разделов исходных данных для проектирования химического производства.
8. Основные преимущества САПР.
9. Условия выбора цвета для оборудования.
0. Особенности эстетического оформления оборудования.

4.2. Контрольная работа № 2

Контрольная работа №2 состоит из двух частей. Принцип выбора вариантов указан в контрольной работе №1.

На следующие задания дайте ответы и приведите примеры из промышленности.

Задание № 2.1.

1. Основные принципы проектирования зданий и сооружений химической промышленности.
2. Особенности проектирования емкостных сооружений.
3. Особенности проектирования фундаментов под технологическое оборудование.
4. Особенности проектирования открытых крановых эстакад.
5. Особенности проектирования железнодорожных эстакад.
6. Особенности проектирования транспортных и пешеходных галерей.
7. Особенности проектирования опор под технологические трубопроводы.

8. Определение мощности проектируемого производства.
9. Выбор площадки строительства.
0. Основные стадии проектирования химических производств и оборудования.

Задание № 2.2.

1. Технологический расчет при проектировании оборудования химических производств.
2. Тепловой расчет при проектировании оборудования химических производств.
3. Гидравлические расчеты при проектировании оборудования химических производств.
4. Механический расчет при проектировании оборудования химических производств.
5. Особенности выбора конструкционных материалов при проектировании оборудования химических производств.
6. Особенности проектирования теплообменных аппаратов.
7. Особенности проектирования перемешивающих устройств.
8. Проектирование уплотнений вращающихся деталей.
9. Проектирование трубопроводной аппаратуры.
0. Проектирование вспомогательного оборудования химических производств.

5. Указания по выполнению курсовой работы

Курсовая работа является одним из наиболее важных, ответственных и одновременно трудоемких видов учебной и научно-исследовательской работы студента, выполняемой им самостоятельно под руководством руководителя.

Руководитель:

- разрабатывает и выдает студентам задание на курсовую работу;
- разрабатывает поэтапный график работы студента;
- рекомендует студентам необходимую основную литературу, справочные материалы и другие источники по теме курсовой работы;
- проводит систематические, предусмотренные расписанием, групповые консультации, а также, по мере надобности, дополнительные индивидуальные беседы;
- контролирует и проверяет выполнение курсовой работы (по частям и в целом);
- допускает выполненную работу к защите;
- участвует в комиссии по защите курсовых работ.

Выполнение курсовых работ является заключительным этапом изучения дисциплины и должно способствовать достижению следующих целей:

- сконцентрировать внимание на узловых знаниях изучаемой дисциплины с целью их углубления, закрепления и систематизации;
- формировать навыки творческого самостоятельного применения этих знаний для решения конкретных инженерных задач, подготовить студентов к решению более сложной инженерной задачи - дипломному проектированию;
- формировать навыки работы со справочной литературой, государственными и отраслевыми стандартами;
- научить правильно оформлять техническую документацию;

- формировать навыки публичного выступления и умения аргументированно защищать свою точку зрения;
- формировать готовность и способность к постоянному самообразованию, активизировать развитие творческих способностей студентов.

Тематика курсовых работ должна быть актуальной, отвечать учебным задачам данной учебной дисциплины и одновременно увязываться с практическими требованиями науки и производства.

В дисциплине «Основы инженерного проектирования» тематикой курсовой работы является разработка конструкции оборудования химических производств с использованием современных САПР.

Темы курсовых работ разрабатываются и утверждаются кафедрой.

Пояснительная записка должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел курсовой работы, содержать все предусмотренные заданием разделы. По мере необходимости пояснительная записка должна сопровождаться иллюстрациями, эскизами, эпюрами, и т.п.

Примерное содержание курсовой работы:

- титульный лист;
- содержание;
- введение (1-2 стр.);
- описание и принцип работы аналогов оборудования с указанием трубопроводной обвязки (согласно своему заданию) (3-4 стр.);
- способы достижения целей разработки конструкции (1-2 стр.);
- поэтапное описание разработки конструкции с использованием САПР;
- общий вид разработанной конструкции, чертеж и спецификация;
- заключение (1 стр.);
- список использованных источников.

Рекомендуемый объем курсовой работы – до 50 страниц машинописного текста.

Руководители проводят групповые консультации в тех случаях, когда у большинства студентов возникают общие затруднения или когда руководитель находит у студентов общие, типичные ошибки. Групповые консультации не должны переходить в лекцию. На них должны лишь анализироваться типовые ошибки, даваться конкретные рекомендации по преодолению затруднений, пользованию справочниками и т.п., а также рекомендации по организации работы.

Одной из главных целей консультаций является контроль работы, проверка выполнения очередного этапа. Руководитель должен тщательно проверить все решения, расчеты, чертежи, предусмотренные очередным этапом, выявить все ошибки, неясности и недоработки и дать разъяснения, в каком направлении надо сделать исправления и доработку.

Аттестация по курсовым работам производится в виде ее защиты на заседании комиссии в присутствии студентов группы.

Курсовая работа допускается к защите при условии законченного оформления, допуска руководителя.

Защита состоит из короткого доклада студента (5...7 минут) и ответов на вопросы преподавателей – членов комиссии. Студент должен при защите дать все объяснения по существу курсовой работы.

При оценке курсовой работы учитывается: уровень соответствующих теоретических знаний, качество доклада, самостоятельность и ритмичность работы, качество оформления документов, их соответствие требованиям стандартов, срок защиты (досрочно, в срок, после срока без уважительных причин).

Примерная тематика курсовой работы

1. Разработка конструкции ротора центробежного компрессора.

2. Разработка конструкции реактора с рубашкой и мешалкой.
3. Разработка конструкции газодувки.
5. Разработка конструкции дискового истирателя.
6. Разработка конструкции щёковой дробилки.
7. Разработка конструкции трубопроводной задвижки.
8. Разработка конструкции кожухотрубчатого теплообменного аппарата.
9. Разработка конструкции молотковой дробилки.
10. Разработка конструкции реактора с рубашкой и барботажным перемешиванием сред.
11. Разработка конструкции фильтра высокого давления.
12. Разработка конструкции центробежного насоса.
13. Разработка конструкции клапана высокого давления.
14. Разработка конструкции центробежного роторного измельчителя.
15. Разработка конструкции барабанного вакуумного пресс-фильтра.

**6. Пример выполнения курсовой работы
«Разработка конструкции кожухотрубного
теплообменного аппарата»**

Введение

Кожухотрубные теплообменники относятся к наиболее распространенным теплообменным аппаратам, что обусловлено, прежде всего, надежностью конструкции, большим набором вариантов исполнения для различных условий эксплуатации, широким диапазоном применения по давлению, температурному режиму, потоковым средам, высокой ремонтпригодностью *и т.д.*

Описание и принцип работы аналогов оборудования

По назначению кожухотрубные теплообменные аппараты разделяются на холодильники (Х), теплообменники (Т), конденсаторы (К) и испарители (И); по конструкции – на аппараты с неподвижными трубными решетками (тип Н), с температурным компенсатором на кожухе (тип К), с плавающей головкой (тип П) и с U-образными трубами (тип У).

Кожухотрубные теплообменники бывают одноходовыми, здесь оба теплоносителя не меняя направления движутся по всему сечению (один по трубному, другой по межтрубному), и многоходовыми, в которых потоки с помощью дополнительных перегородок последовательно меняют направление, тем самым, увеличивая коэффициент теплоотдачи и скорость потока *и т.д.*

Обязку оборудования описать согласно п.3.1. данного учебно-методического пособия.

Поэтапное описание разработки деталей конструкции Способы достижения цели разработки конструкции

Для разработки конструкции теплообменного аппарата наиболее рационально применить программу SolidWorks – систему автоматизированного проектирования, инженерного анализа конструкций любой сложности и назначения *и т.д.*

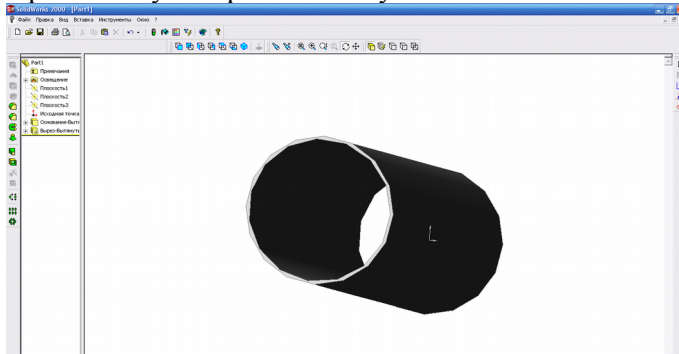
Разработка конструкции корпуса аппарата

Начинаем работу с запуска программы SolidWorks, нажимаем создать/деталь/ОК.

Создадим обечайку нашего аппарата, включающую в себя все приварные к ней элементы. Начнем создание с построения окружности Ж220мм (наружный диаметр обечайки). Затем выбираем эту окружность, выбираем функцию вставка/основание/вытянуть на

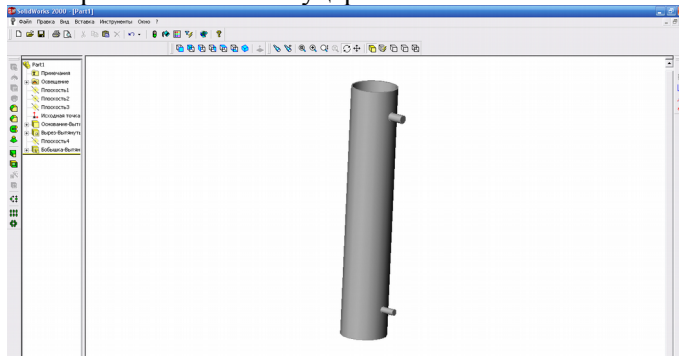
заданное расстояние и указываем глубину 1194 мм (длина обечайки), после нажимаем ОК.

Затем, на верхней поверхности получившегося цилиндра изображаем окружность Ж212мм. Выберем её, после выбираем вставка/вырез/вытянуть через все. Получаем:



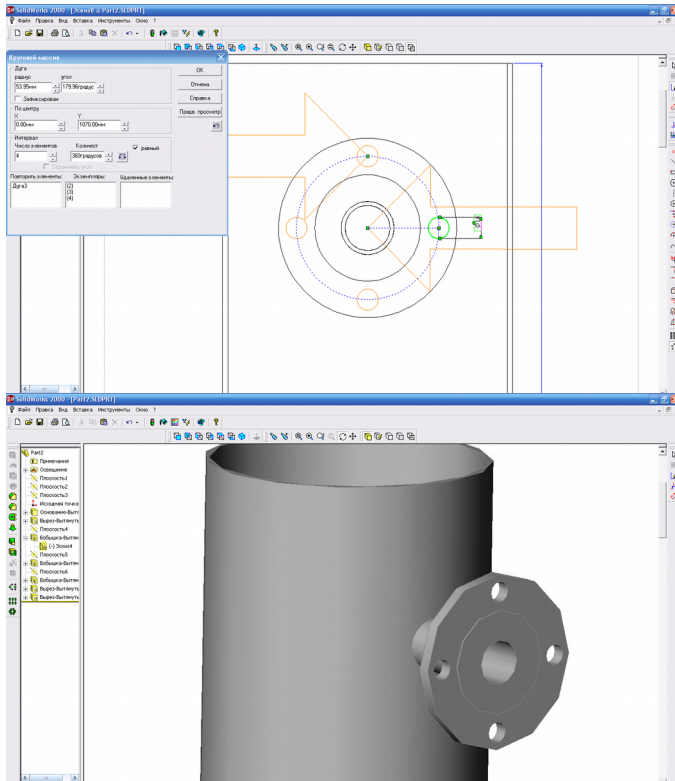
Далее изобразим два штуцера. Для этого создадим плоскость параллельную главной оси аппарата, выбираем функцию вставка/справочная геометрия/плоскость/сместить на расстояние 180мм, в результате чего получаем плоскость 4.

Выбираем эту плоскость и изображаем на ней две окружности $\varnothing 40\text{мм}$ в местах расположения штуцеров *и т.д.*



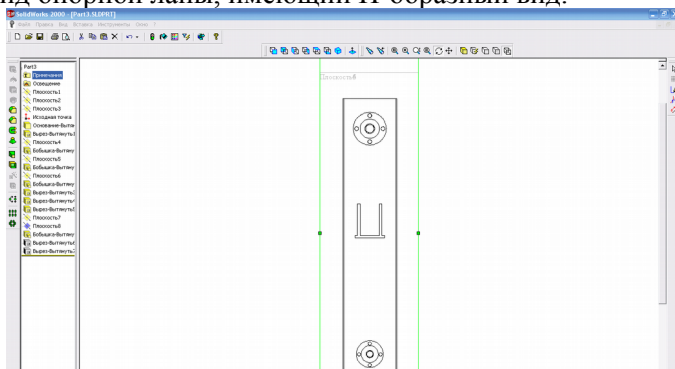
Теперь создадим отверстия для крепления фланцев. Для этого изобразим на фланце окружность $\varnothing 16\text{мм}$, выберем функцию «круговой массив» (с помощью мыши укажем нужное направление) и введем число элементов 4.

Нажав ОК, выбираем полученные окружности и выталкиваем их на 15мм, описанным выше методом, и получаем:

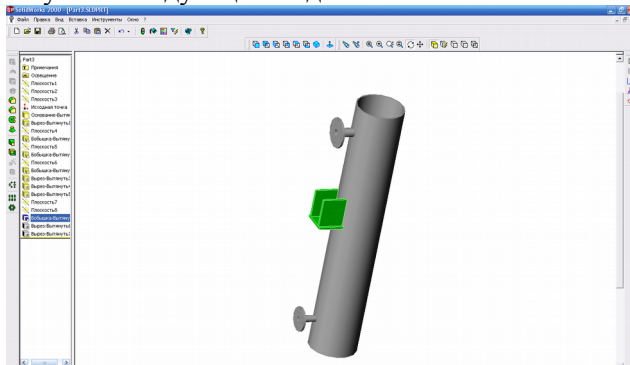


Теперь создадим лапы. Для этого, выберем плоскость 2 и создадим две параллельные плоскости в обе стороны от неё на расстоянии 210мм.

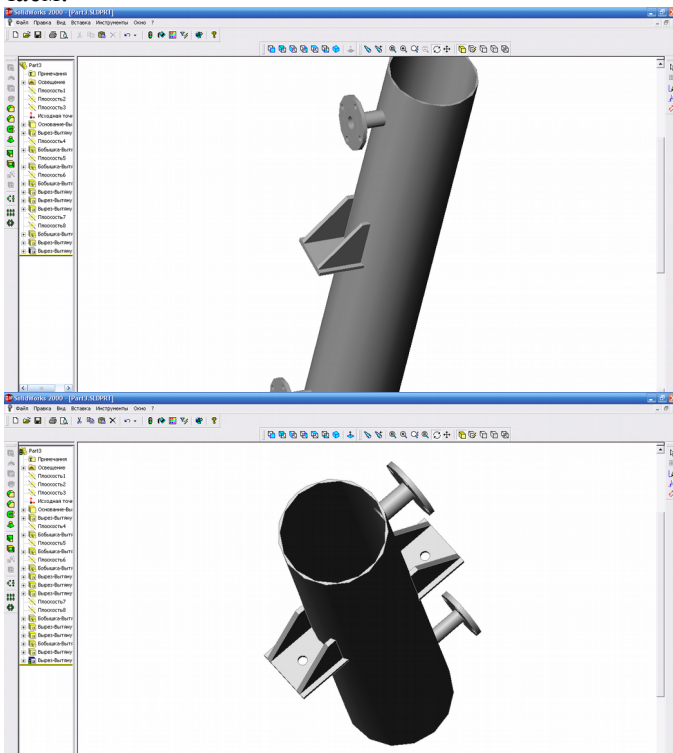
Выбираем плоскость 8 и с помощью панели инструментов эскиз строим вид опорной лапы, имеющий П-образный вид:



Затем выбираем вставка/бобышка/вытянуть до поверхности обечайки, получаем следующий вид:

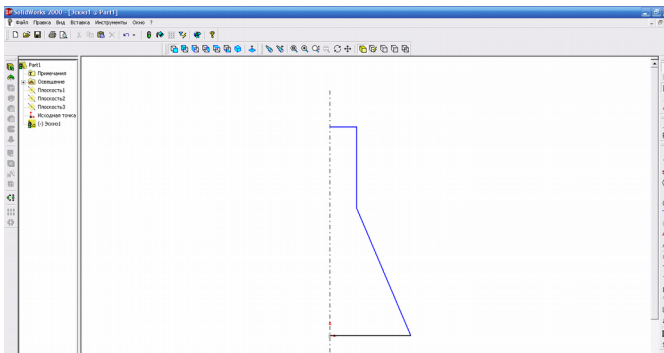


Изображаем на боковой стороне лапы линию, соответствующую требуемым размерам, выбираем её и нажимаем вырез-вытянуть/через все, получаем:

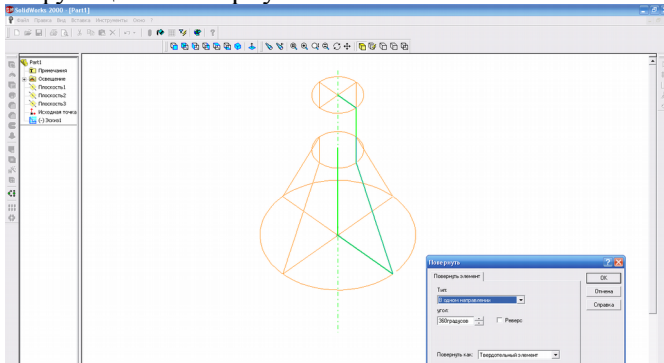


Разработка конструкции днища

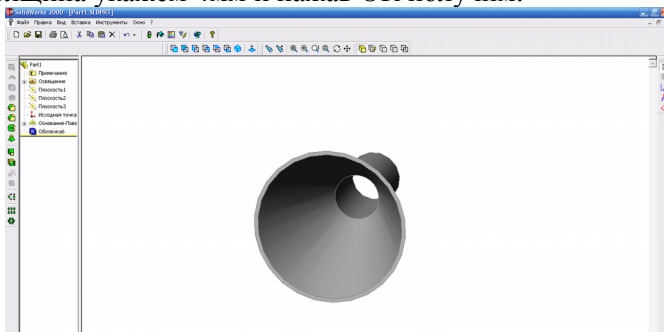
Для создания конической части днища и штуцера изобразим несколько линий, с помощью панели «эскиз», соблюдая требуемые размеры.



Получив эскиз, выберем в дереве конструирования эскиз 1 и используем функцию «повернутая бобышка\основание» и ОК.

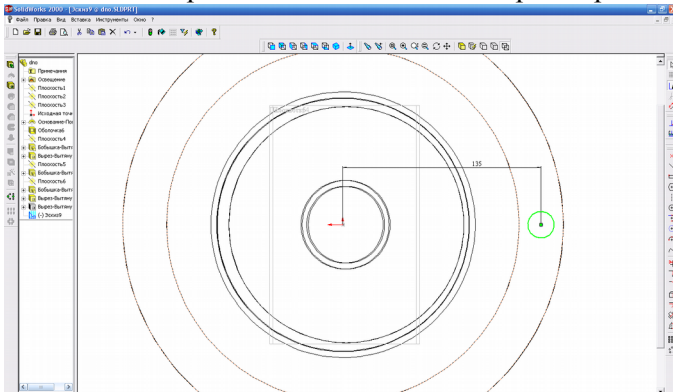


На полученной детали выберем всю наружную поверхность с помощью клавиши Ctrl, затем используем функцию «оболочка». В пункте толщина укажем 4мм и нажав ОК получим:

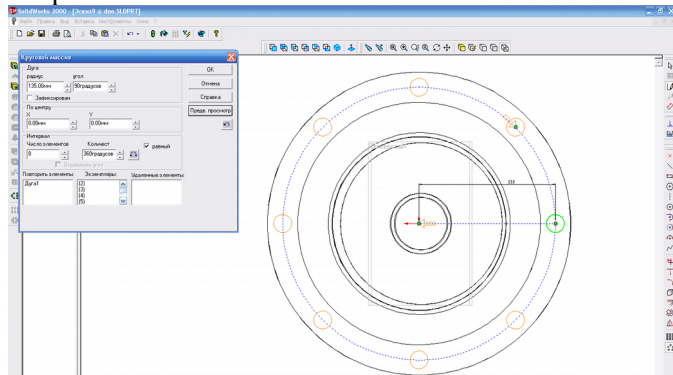


Теперь создадим отверстия для крепления фланцев.

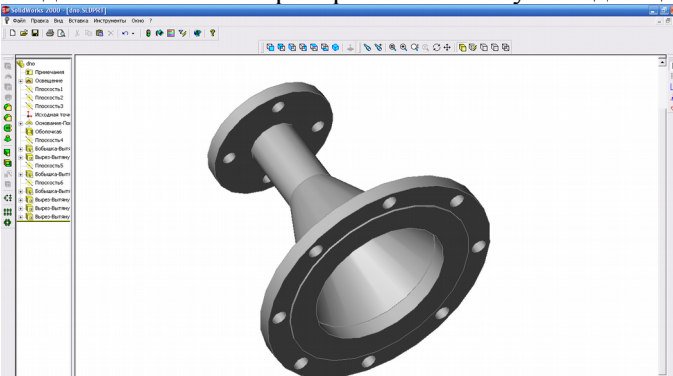
Выбираем нижнюю часть нашего днища и изображаем на нем окружность Ж18мм на расстоянии 135мм от центра координат:



Выбираем эту окружность и используем функцию «круговой массив», выбрав число элементов 8:



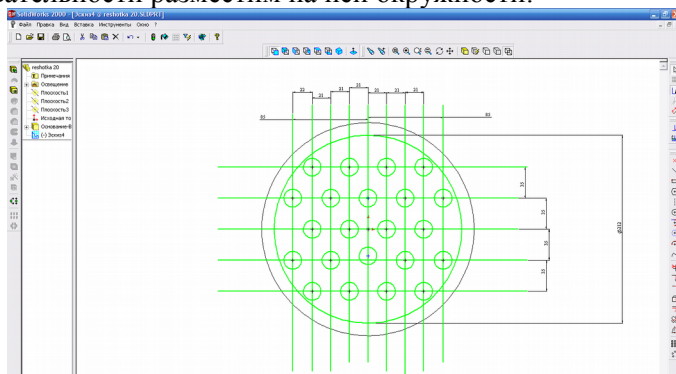
После дополнительных преобразований получаем днище:



Разработка конструкции трубной решетки

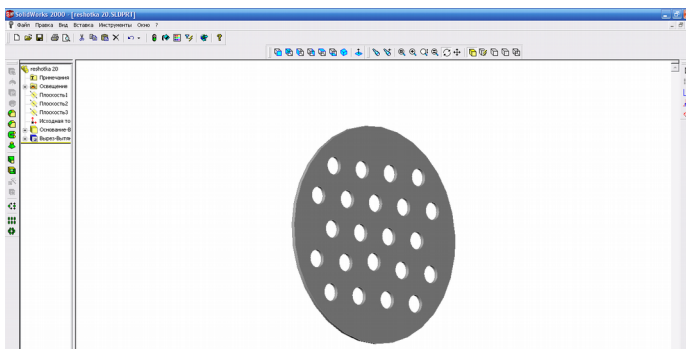
Теперь перейдем к созданию трубной решетки. Создадим для этого новую деталь. В начале координат изобразим окружность Ж 240мм и вытянем её на толщину 4мм.

На нижней стороне получившегося элемента, для точности построения, изобразим временные линии и в требуемой последовательности разместим на ней окружности:



Удалив лишние элементы, выберем получившиеся окружности и используя функцию «вытянутый вырез/через все» получим отверстия.

Трубная решетка готова:

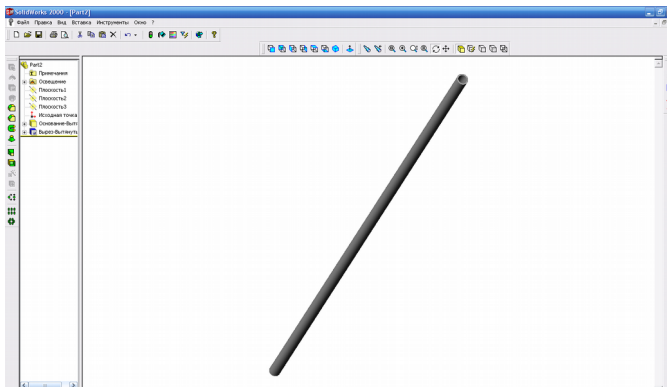


Разработка конструкции трубок

Теперь создадим одну из трубок нашего теплообменника. Создаем новую деталь, строим окружность Ж 20мм, вытягиваем её на 1230мм.

Затем на верхней поверхности трубки изображаем окружность Ж 16мм и выбрав её, нажмем вытянутый вырез/через все.

Трубка готова.

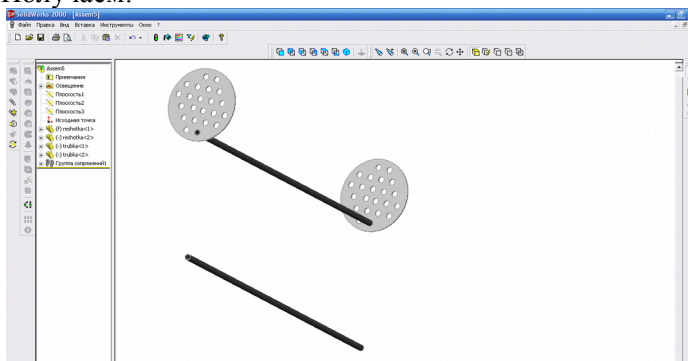


Сборка аппарата

Приступим к сборке нашего теплообменника. Выбираем функцию создать/сборка.

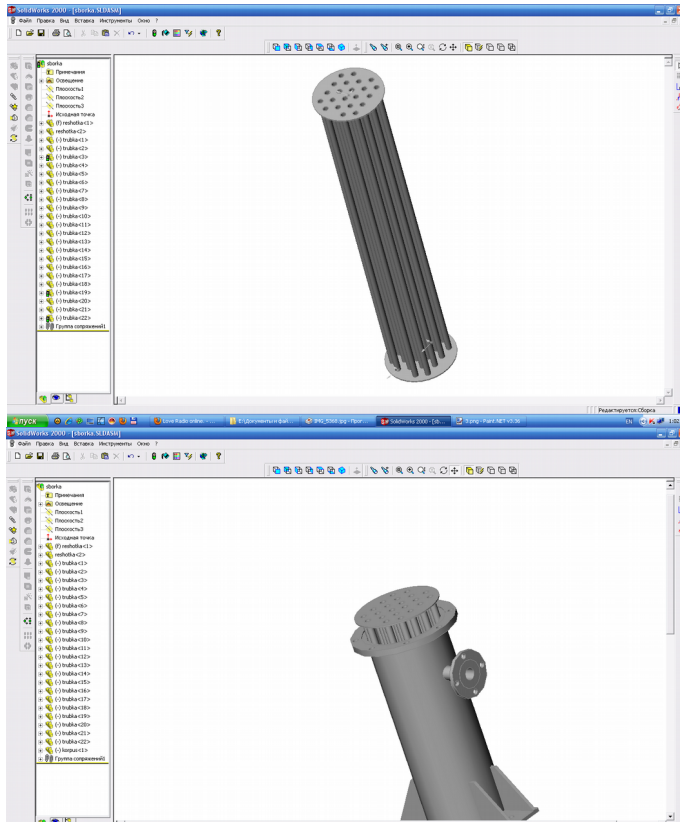
Наиболее рационально будет начать сборку с присоединения труб к трубным решеткам. Для этого откроем папку с файлами деталей и с помощью мыши перенесем файлы требуемых деталей в окно SolidWorks.

Закрепим первые 2 трубки. Наждем на боковую поверхность первой трубки, выберем условия сопряжения, выберем внутреннюю поверхность отверстия в решетке, выберем функцию «концентричность/применить». То же самое сделаем для второй трубки. Получаем:

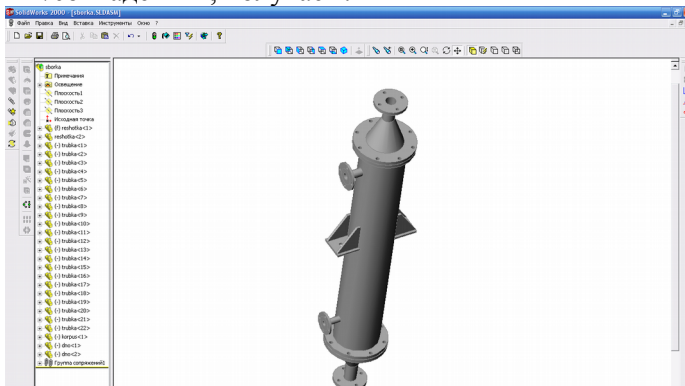


Аналогичным образом поступаем с остальными трубками в трубной решетке и получаем трубный пучок.

После, добавляем корпус. Выбираем условия сопряжения/концентричность/применить.

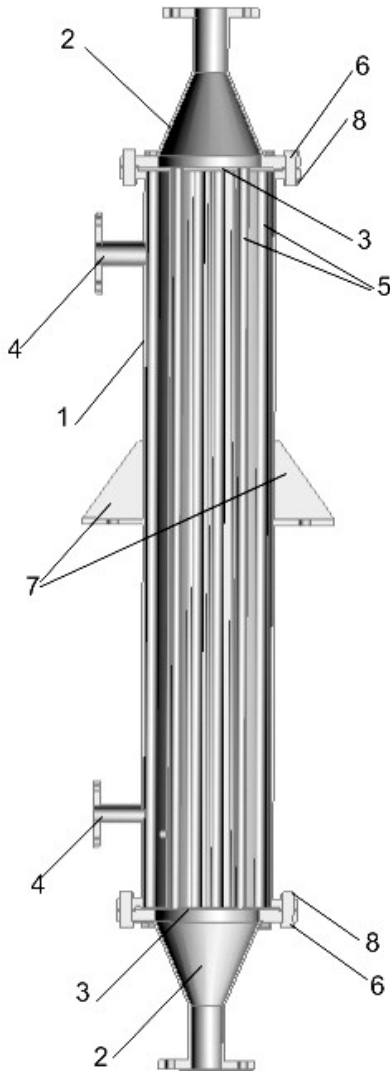


Добавляем днища, выбираем нижнюю поверхность днища и верхнюю поверхность трубной решетки, выбираем функцию «условия сопряжения/совпадения», получаем:



Спецификация

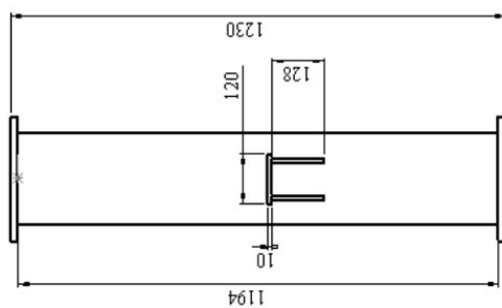
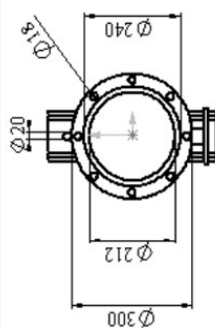
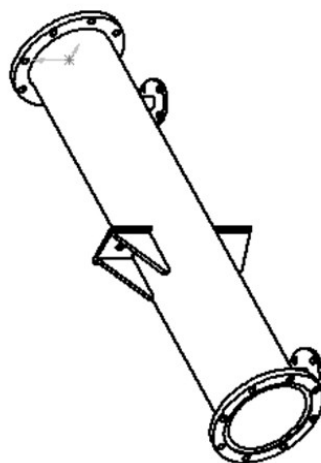
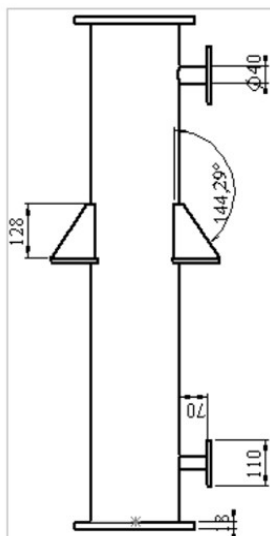
Выберем функцию «вид/отобразить/разрез/», указываем нужную плоскость, получаем разрез теплообменного аппарата:



Кожухотрубный теплообменный аппарат

1 – корпус; 2 – верхнее и нижнее днища; 3 – трубные решётки; 4 – фланцы; 5 – трубки; 6, 8 – крепежные элементы, 7 – опоры-лапы.

Чертеж корпуса теплообменного аппарата



Заключение

Выполняя курсовую работу, мы закрепили знания лекционного курса и практических занятий по дисциплине «Основы инженерного проектирования». Углублено освоили работу программы SolidWorks, а так же приобрели навыки моделирования и сборки деталей различной сложности.

Литература

1. Основы проектирования химических производств / под ред. А.И. Михайличенко. М.: ИКЦ «Академкнига», 2010. 373 с.
2. Кацнельсон М.Б. Особенности технологического оборудования химического и нефтегазоперерабатывающего производства. Новомосковск: НПК, 2002. 305 с.
3. Дворецкий С.И., Кормильцин Г.С., Калинин В.Ф. Основы проектирования химических производств. М.: «Машиностроение-1», 2005. 280 с.
4. Иванов А.С. Конструируем машины шаг за шагом. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. 392 с.
5. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 188 с.
6. Автоматизированное проектирование в среде SolidWorks: метод. указания / С.А. Сухов. Ульяновск: УлГТУ, 2005. 56 с.

*Пример оформления титульного листа
курсовой работы*

Министерство образования и науки Российской Федерации
Новомосковский институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

Кафедра «Оборудование химических производств»

Курсовая работа по дисциплине
«Основы инженерного проектирования»
тема работы:

« _____ »

Преподаватель

Студент

Шифр

Группа

Новомосковск, 20__

Пример оформления листа задания

Министерство образования и науки Российской Федерации
Новомосковский институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

Кафедра «Оборудование химических производств»
Направление подготовки 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

«Утверждаю»
Зав. кафедрой ОХП
профессор _____ Сафонов Б.П.

Задание
на курсовую работу по дисциплине
«Основы инженерного проектирования»

Студенту _____ курса _____ группы _____

1. Тема работы _____

утверждена приказом по институту № _____ от _____ г.

2. Вариант № _____

3. Необходимые разделы пояснительной записки:

- описание и принцип работы аналогов оборудования с указанием трубопроводной обвязки (согласно своему заданию);
- способы достижения целей разработки конструкции;
- поэтапное описание разработки конструкции с использованием САПР;
- общий вид разработанной конструкции, чертеж и спецификация.

4. Рекомендуемая литература:

1. Основы проектирования химических производств / под ред. А.И. Михайличенко. М.: ИКЦ «Академкнига», 2010. 373 с.
2. Дворецкий С.И., Кормильцин Г.С., Калинин В.Ф. Основы проектирования химических производств. М.: «Машиностроение-1», 2005. 280 с.
3. Иванов А.С. Конструируем машины шаг за шагом. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. 392 с.
4. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 188 с.
5. Автоматизированное проектирование в среде SolidWorks: метод. указания / С.А. Сухов. Ульяновск: УлГТУ, 2005. 56 с.

Срок сдачи законченной работы _____

5. Дата выдачи задания _____

Руководитель _____ доц. Каменский М.Н.

Для заметок

Учебное издание

**ОСНОВЫ
ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

КАМЕНСКИЙ Михаил Николаевич

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать г. Формат 60×84¹/₁₆

Бумага «Снегурочка». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. . Уч.—изд. л. .

Тираж 50 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

Новомосковский институт (филиал). Издательский центр.

Адрес университета: 125047, Москва, Миусская пл., 9

Адрес института: 301650, Тульская обл., Новомосковск, ул. Дружбы, 8