

**Астраханский государственный
технический университет**

Кафедра «Химическая технология переработки нефти и газа»

**РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ
НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРОИЗВОДСТВ**

Методические рекомендации для практических занятий
для студентов направления
18.04.01 «Химическая технология»

Астрахань 2021

Разработчики: к.т.н., доц. Власова Г.В.
к.т.н. Козырев О.Н.

Методические рекомендации предназначены для студентов очной и очно-заочной форм обучения для практических занятий. Указания включают методические рекомендации по расчету основного и вспомогательного оборудования, список рекомендуемой литературы.

Рекомендации по проектированию аппаратов могут быть использованы при выполнении соответствующих разделов выпускной квалификационной работы.

Астрахань: АГТУ, 2021, 24 с.

Рецензент — к.т.н., доцент Чудиевич Д.А.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа» 18.05.2021 г. протокол № 5.

Рекомендовано к внутривузовскому изданию.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ АППАРАТОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	4
1.1.	Выпарные аппараты	4
1.2.	Ректификационные и абсорбционные аппараты	5
1.3.	Сушильные аппараты	6
1.4.	Печи трубчатые	9
1.5.	Фильтр – прессы	11
1.6.	Барабанные вакуум-фильтры	11
1.7.	Центрифуги	12
1.8.	Отстойники	14
1.9.	Реакторы	14
1.10.	Вспомогательное оборудование	15
	РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	19

1 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ АППАРАТОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В разделе более подробно изложена последовательность расчета наиболее представительных процессов и аппаратов химической технологии и указана основная литература, содержащая методики их расчета и справочные данные [1-36]. Остальную, необходимую для проектирования литературу студент должен подобрать самостоятельно.

1.1 Выпарные аппараты

Расчет выпарной установки начинают с предварительного выбора числа корпусов. Затем рассчитывают в первом приближении выпарные аппараты. При составлении материального баланса установки учитывают количество экстра-пара, отбираемого из первого выпарного аппарата для подогрева исходного раствора в первом подогревателе. Теплопередающую поверхность находят с учетом коэффициентов теплоотдачи, определяемых одним из графоаналитических методов. Если в результате первого расчета получены поверхности нагрева корпусов установки, различающиеся между собой, то исходные данные корректируют по этим результатам и производят расчет во втором приближении и т.д.

Методики расчета выпарных установок приведены в [1-36].

После определения требуемой величины теплообменной поверхности выпарного аппарата выбирают ближайший по размерам стандартный аппарат указанного типа, используя ГОСТы, каталоги и другую специальную литературу.

Эффективность работы выпарного, как и любого другого теплоиспользующего аппарата, определяется

совершенством тепловой изоляции. Для расчета толщины теплоизоляции по справочным данным выбирают материал теплоизоляции и задаются либо величиной тепловых потерь аппарата, либо, что делают чаще, температурой наружной поверхности стенки изоляции, которая по технике безопасности не должна превышать $40 - 50^{\circ}\text{C}$.

1.2 Ректификационные и абсорбционные аппараты

Технологический расчет

Ректификационная установка. Методики расчета ректификационных установок можно найти в [1-36]. Все необходимые физико-химические свойства веществ и методики их расчета даны в [1-36].

Абсорбционная установка. Методики её расчета изложены в [1-36].

После составление материального и теплового балансов установки и определения численных значений материальных и тепловых потоков приступают к расчету основных размеров колонного аппарата.

Конструктивный расчет

Тарельчатые колонны. Определяют допустимую скорость пара (газа) в колонне и необходимую площадь рабочего сечения тарелки. Сопоставляя требуемое и действительное рабочие сечения тарелок, выбирают по размерам необходимые тип тарелки и диаметр аппарата. Рассчитывают геометрические параметры тарелок: площадь сечения тарелки, рабочую скорость пара (газа) в живом сечении, число и размеры колпачков или клапанов, переливные устройства и т.п. Затем определяют гидравлическое сопротивление тарелки. Методики расчета промышленных тарелок основных типов приведены в [1-36]. По расчетным данным окончательно подбирают стандартные тарелки. Конструкции тарелок следует смотреть в каталогах.

Вычисляют по одной из существующих методик к.п.д. тарелки и определяют число реальных тарелок и высоту тарельчатой части колонны. Расстояние между тарелками выбирают из ряда: 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900 и 1000 мм. Далее рассчитывается полное гидравлическое сопротивление колонны.

Подбирают остальные элементы колонны: днища, люки-лазы, опоры и т.д.

Насадочные колонны. Методики их расчета изложены в [1-36]. В этой литературе, в основном, приведены расчеты для процессов абсорбции. Эти методики в полной мере справедливы и для расчета ректификационных колонн.

Определяют рабочую скорость газа (пара), площадь поперечного сечения колонны и ее диаметр. Выбирают стандартный диаметр и уточняют рабочую скорость газа. Стандартный внутренний диаметр колонны принимают из ряда: 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000, 3400, 3600, 3800, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300, 7500, 8000, 8500 мм.

Высоту насадочной части определяют следующими методами: по числу изменения ступеней концентрации, по числу единиц переноса или по уравнениям массопередачи. Определяют высоту насадочной части колонны, как минимум, двумя из этих методов и принимают среднюю высоту.

Далее вычисляют гидравлическое сопротивление насадки и колонны в целом.

1.3 Сушильные аппараты

Технологический расчет

По исходным данным (производительность сушилки, начальная и конечная влажность материала) составляют материальный баланс установки, определяют

производительность по высушенному материалу и испаренной влаге.

Технологический режим и другие основные технологические параметры сушки химических материалов зависят от свойств материала. Их находят по специальным таблицам, составленным по данным работы промышленных установок. Выбрав температурный режим, составляют уравнение теплового баланса и определяют расход сушильного агента. Методики расчета процесса сушки приведены в [1-36].

При использовании в качестве сушильного агента смеси дымовых газов с воздухом производят расчет процесса горения топлива и определяют общий коэффициент избытка воздуха, его влагосодержание и энтальпию, а также расход топлива для приготовления сушильного агента. Расчет процесса горения топлива дан в [1-36].

Конструктивный расчет

Барабанная сушилка. Методики расчета сушильных барабанов изложены в [1-36]. Требуемое поперечное сечение барабана определяют исходя из допустимой скорости газа в сушильном барабане. Уточняют стандартные диаметр и длину барабана. Вычисляют мощность привода, число оборотов барабана, угол наклона и другие параметры.

Однокамерная сушилка кипящего слоя. Методики расчетов подобных сушилок приведены в [1-36].

Рабочую скорость газа в слое определяют, исходя из среднего эквивалентного диаметра частиц и порозности слоя, которую принимают 0,6 – 0,75 (в зависимости от содержания влаги в материале) по графику, приведенному в литературе, указанной выше. По этой скорости рассчитывают площадь газораспределительной решетки и её диаметр.

Диаметр аппарата в верхней части определяют исходя из максимального размера выносимых из него частиц. Если численные значения диаметров аппарата у

газораспределительной решетки и в верхней части различаются значительно, то его корпус выполняют конической формы. Объем и высоту сушильной камеры можно определить по опытным данным.

С конструкциями сушилок можно ознакомиться в вышеуказанной литературе.

Прямоточная пневматическая труба-сушилка. Методики их расчета приведены в [1-36].

Для определения площади поперечного сечения и диаметра сушилки вычисляют скорость осаждения частиц максимального диаметра и принимают скорость сушильного агента, равную удвоенной скорости осаждения. Высоту зоны сушки рассчитывают исходя из времени сушки, которое находится из уравнений теплоотдачи. Поверхность теплообмена между высушиваемым материалом и сушильным агентом определяют по среднему эквивалентному диаметру частиц с учетом фактора их формы. Можно определить высоту трубы сушилки, используя опытные данные напряжения объема и площади поперечного сечения аппарата по испаренной влаге.

Конструкции пневматических сушилок приведены в литературе, указанной выше.

Распылительные сушилки. Методики их расчета изложены в [1-36].

Расчет проводят в следующей последовательности. Принимают предварительно скорость газа в сушильной камере 0,2 – 0,5 м/с и определяют её площадь поперечного сечения и диаметр. Рассчитывают соответствующий заданию распылитель, радиус факела распыления частиц и уточняют диаметр камеры. Вычисляют коэффициент массоотдачи при испарении влаги из капли, объем и высоту рабочей части аппарата. Объем сушильной камеры находят с целью проверки размеров аппарата, используя опытные данные о напряжении объема сушильной камеры по испаренной влаге.

Остальные размеры рассчитывают на основе конструктивных и технологических особенностей аппарата. Например, размеры конусного днища определяют исходя из сыпучести порошка, высоту цилиндрической части корректируют с учетом уровня установки распыливающего устройства и конструкции газораспределительного устройства.

Полученные размеры уточняют по каталогам и ГОСТам или проспектам предприятий, выпускающих сушилки.

1.4 Печи трубчатые

Трубчатые печи являются одним из важнейших аппаратов установок по переработке нефти и природного газа. Методика их расчета изложена в [1-36].

Последовательность расчета печи включает следующие этапы:

1. Рассчитывают процесс горения топлива;
2. Определяют к.п.д. печи, её полезную и полную тепловую мощность, расход топлива;
3. Определяют поверхность нагрева радиантных (экранных) труб и основные размеры камеры радиации (топки). Расчет ведут по схеме:
 - а) задаются количеством тепла, передаваемого в радиантной камере (примерно 75% от общего количества);
 - б) принимают теплонапряжение радиантных труб и определяют их поверхность нагрева;
 - в) выбирают диаметр и полезную длину труб и находят их число;
 - г) выбирают тип печи, проводят компоновку радиантной поверхности и определяют основные (внутренние) размеры топки;

д) принимают тип горелки и, зная её теплопроизводительность и полную тепловую мощность печи, определяют количество горелок.

4. Рассчитывают лучистый теплообмен в топке. Этот расчет проводится с целью определения температуры дымовых газов на выходе из топки. Расчеты ведут по схеме:

а) задаются температурой дымовых газов на выходе из топки ($700 - 900^{\circ}\text{C}$);

б) находят коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией от дымовых газов к радиантным трубам;

в) определяют среднюю температуру радиантных труб;

г) рассчитывают количество тепла, передаваемого конвекцией к радиантным трубам;

д) рассчитывают количество тепла, передаваемого радиацией к радиантным трубам;

е) рассчитывают эквивалентную абсолютно черную поверхность излучения;

ж) находят угловой коэффициент облучения радиантных труб;

з) находят действительную температуру дымовых газов на выходе из топки.

Если в результате расчета окажется, что температура газов при выходе из топки будет значительно отличаться от ранее принятой, то необходимо принять новое значение этой температуры и повторить расчет.

5. Проверяют, находится ли в допустимых пределах скорость сырья на входе в змеевик печи;

6. Определяют величину конвективной поверхности нагрева печи, число конвекционных труб и размеры камеры конвекции;

7. Проводят гидравлический расчет змеевика печи и определяют давление на входе в него;

8. Определяют потери напора в газовом тракте печи (аэродинамический расчет) и рассчитывают основные размеры (диаметр и высоту) дымовой трубы.

При конструировании печей обычно используют данные каталогов.

1.5 Фильтр-прессы

Методика расчета фильтр - прессов изложена в [1-36]. Определяют массу и объем твердой фазы и объем влажного осадка на 1 м^3 фильтрата. Подсчитывают константы фильтрования и промывки. Рассчитывают наибольшую производительность фильтр-пресса. Определяют продолжительность фильтрования, промывки и экономически оптимальную продолжительность цикла.

Вычисляют поверхность фильтрования. Определяют типоразмер фильтр-пресса, производят подбор по каталогу.

Рассчитывают сечение подводящих труб, отверстий в фильтр - прессе.

Рассчитывают сопротивление слоя осадка и необходимое давление фильтрования. Производят расчет затяжки на давление, рассчитывают гидравлический зажим.

Подбирают вспомогательное оборудование, насосы для раствора, промывной жидкости, зажима.

1.6 Барабанные вакуум - фильтры

Методика расчет барабанного вакуум-фильтра изложена в [1-36].

Расчет начинают с определения вспомогательных величин: плотности и объема влажного осадка на 1 м^3 фильтрата. Затем определяют производительность фильтра по фильтрату и сухому осадку. Находят параметры уравнения фильтрации и время фильтрации.

Рассчитывают теоретически необходимое время промывки, время промывки при подаче воды из форсунки. Определяют время просушки осадка. Находят углы барабана, занимаемые секторами съема осадка, мертвых зон и предварительной просушки осадка.

Определяют время предварительной просушки осадка и время пребывания ячейки фильтрата в зоне съема осадка и в мертвых зонах. Находят общую продолжительность рабочего цикла.

Рассчитывают объем фильтрата, получаемого с 1 м^2 , и необходимую поверхность фильтрации. Определяют среднюю скорость фильтрации, отнесенную ко времени собственно фильтрации и к общей продолжительности цикла.

Находят число оборотов барабана фильтра. Вычисляют углы сектора зоны фильтрации, зоны промывки, зоны просушки и мертвой зоны. Определяют угол сектора погружения барабана в суспензию и глубину погружения.

По найденной поверхности фильтра подбирают типовой барабанный вакуум-фильтр соответствующих размеров.

Определяют количество воздуха, засасываемого в зонах просушки и обдувки; подбирают вспомогательное оборудование: конденсатор, вакуум-насос, воздухоувку, мешалку. Подсчитывают мощность привода барабана, подбирают электромотор и редуктор.

1.7 Центрифуги

Методика расчета центрифуг изложена в [1-36]. Рассчитывают материальный баланс процесса центрифугирования. Из уравнений определяют количество поступающей суспензии (если задана производительность по осадку) или количество образующегося осадка (если в задании производительность дается по суспензии).

Составляют таблицу материального баланса, в которой указывается приход и расход твердой фазы и жидкости. Для периодических центрифуг материальных баланс составляется на один цикл.

Подбирают центрифугу соответствующего типа необходимой производительности по каталогам. Составляют таблицу технических данных выбранной центрифуги на основании каталога, и приводят подробное описание конструкции и системы управления центрифуги.

Производят проверку правильности выбора центрифуги. С этой целью рассчитывают производительность исходя из размеров выбранной центрифуги. При расчете определяют индекс производительности для заданной конструкции центрифуги.

Для отстойных центрифуг скорость осаждения может быть вычислена по формуле Стокса. Для фильтрующих центрифуг расчет выполняют с учетом значения удельного сопротивления осадка, принимаемого или по эмпирическим данным или приближенно вычисленным.

Рассчитывают время, необходимое для проведения процесса. Время центрифугирования для отстойных центрифуг определяют исходя из скорости осаждения в поле центробежных сил и разности радиусов ротора и слоя осадка. Для фильтрующих центрифуг время центрифугирования определяют по уравнению центробежного фильтрования. Оценивают вспомогательное время и проверяют время всего цикла.

Производят энергетический расчет центрифуги с определением мощности, расходуемой при различных режимах работы центрифуги. Исходя из вычисленной мощности, подбирают электродвигатель и привод центрифуги и производят сравнение с соответствующими данными по каталогам оборудования.

Подбирают вспомогательное оборудование: насос для подачи суспензии, емкости для суспензии и фугата, мешалку.

1.8 Отстойники

В химической технологии, нефтепереработке и нефтехимии широко применяется разделение суспензий и эмульсий отстаиванием. В частности это процессы обезвоживания и обессоливания нефти, отделения дистиллятов от воды после перегонки с водяным паром, очистки нефтяных топлив и других продуктов от загрязнений (воды, частиц катализатора, продуктов коррозии, соединений кремния, кальция, алюминия), очистки сточных вод.

При достаточном различии плотностей загрязнений, воды и продуктов отстаивание является наиболее простым методом очистки и проводится в отстойниках. Методики расчета отстойников различных типов, включая электродегидраторы нефти, приводятся в [1-36].

Отстойные аппараты, как правило, нестандартные. После завершения технологического расчета подробно разрабатывают конструкцию отстойника, используя рекомендации [1-36]. Данные о параметрах типовых электродегидраторов приводятся в каталогах оборудования.

1.9 Реакторы

Реакционные процессы являются ведущими для многих химических производств. Конструкции реакторов многообразны. Наиболее представительными являются адиабатические реакторы со сплошным неподвижным или подвижным (псевдоожиженным, транспортируемым) слоем твердого катализатора. Методики расчета таких аппаратов приводятся в [1-36], а также в специальной литературе. Расчеты гидродинамики и вопросы конструирования отдельных узлов реакторов даются в приведенной литературе.

1.10 Вспомогательное оборудование

По окончании расчета основного технологического аппарата или машины: выпарного аппарата, ректификационной или абсорбционной колонны, сушилки, фильтра, центрифуги (или другого оборудования, заданного в качестве основного) рассчитывают и подбирают вспомогательное оборудование, обеспечивающее нормальное функционирование установок. К вспомогательному оборудованию относятся: теплообменники различного назначения, пылеуловители, топки и смесительные устройства для смешения дымовых газов с воздухом, технологические трубопроводы, машины для перемещения жидкостей и газов и т.п.

Теплообменное оборудование технологических установок характеризуется большим разнообразием. В выпарных установках – это подогреватели исходного раствора и барометрический конденсатор; в ректификационных – подогреватели исходной смеси, кипятильники (испарители), конденсаторы (дефлегматоры), холодильники дистиллята и кубового остатка; в сушильных – калориферы для нагрева сушильного агента, нагреватели для нагрева растворов.

Для выпарных установок подогреватели исходного раствора рассчитывают по сокращенной программе, определяя численные значения коэффициентов теплопередачи по специальным таблицам. Для ректификационной и абсорбционной установок один теплообменник рассчитывают более подробно (коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи вычисляют одним из графо-аналитических методов); остальные теплообменники рассчитывают по упрощенной методике.

Методики расчета теплообменников любого назначения даны в [1-36]. При расчете холодильников и дефлегматоров, охлаждаемых водой, температуру последней

принимают в пределах 5-25 °С; охлаждаемых воздухом – температуру воздуха принимают равной средней летней температуре района установки аппарата. Расчет воздушных дефлегматоров дан в [1-36].

После определения величины теплообменной поверхности и других основных параметров проектируемого теплообменника подбирают стандартные теплообменные аппараты по ГОСТам, каталогам или таблицам, приведенным в [1-36]. В первом приближении считается, что если средняя разность температур теплоносителей превышает 40 °С, то выбирают теплообменники с компенсацией температурных напряжений: теплообменники с температурным компенсатором на кожухе или с плавающей головкой или с U-образными трубами. В противном случае выбирают теплообменники с неподвижными трубными решетками.

Расчет барометрических конденсаторов изложен в [1-36]. По результатам расчета выбирают стандартный конденсатор.

Сушку некоторых материалов производят воздухом, нагретым в паровом калорифере. Расчет и подбор калориферов рекомендуется смотреть в литературе по отоплению и вентиляции.

Пылеуловители. Сушильные установки снабжены различными системами пылеулавливающей аппаратуры для очистки сушильного агента от высушиваемого материала. В качестве пылеуловителей используют циклоны, батарейные циклоны, мокрые пылеуловители, рукавные фильтры, электрофильтры и т.д. Выбор типа пылеуловителей зависит от свойства высушиваемого материала и технологии его получения. С методикой расчета циклонов и батарейных циклонов, мокрого пылеуловителя и электрофильтра можно ознакомиться в [1-36]. Наиболее полно методика расчета любого типа пылеуловителей изложена в приведенной литературе.

Топочные и смесительные устройства. В зависимости от энергетической базы района расположения предприятия в технологических процессах используют тот или иной вид топлива для получения тепла. Этим объясняется разнообразие конструкций топок для получения дымовых газов, используемых при приготовлении сушильного агента. Методики расчета топок, работающих на твердом топливе, приведены в литературе по теплотехнике, а на жидком и газовом – в [1-36]. Расчеты смесительных устройств для смешения дымовых газов с воздухом, дымососов наиболее полно представлены в [12].

Технологические трубопроводы и машины для перемещения жидкостей и газов. После расчета и подбора основного аппарата и вспомогательного оборудования приступают к расчету технологических трубопроводов и машин для перемещения жидкостей и газов.

Определяют оптимальный диаметр трубопроводов [1-36]. Затем согласовывают диаметр трубопровода с присоединительными штуцерами на оборудовании и при необходимости изменяют диаметр трубопровода. Размеры присоединительных штуцеров нужно смотреть в ГОСТах и каталогах на соответствующее оборудование. На следующем этапе проектирования производят компоновку оборудования (целесообразно в пояснительной записке представить эту схему) и определяют длины отдельных участков трубопроводов, число отводов, место установки арматуры и ее тип и т.п. Типоразмеры арматуры могут быть подобраны по данным каталогов.

Производят расчет гидравлического сопротивления трубопровода [1-36] и гидравлического сопротивления установки в целом.

Полученные данные, такие как: гидравлическое сопротивление установки и расход жидкости (газа) – позволяют рассчитать необходимую мощность насоса, если по трубопроводу движется жидкость (подача жидкости в

выпарные аппараты, распылительные сушилки, абсорбционные и ректификационные установки, фильтры, центрифуги), вентилятора, газодувки или компрессора в зависимости от давления в системе, если по трубопроводам движется газ (абсорбционные и сушильные установки) [1-36]. Затем по данным ГОСТ, каталогов, справочников производят подбор стандартного оборудования: насосов, вентиляторов, газодувок, дымососов, компрессоров.

Все технологические расчеты сопровождаются необходимыми схемами. Обязательными являются схемы:

- к материальному балансу;
- к тепловому балансу;
- фазового равновесия (изотермы, изобары, X-Y);
- графического определения числа ступеней контактирования или единиц переноса;
- температурного напора в кипятильнике, выпарном аппарате и др.;
- процесса сушки материала;
- к определению габаритных размеров (диаметры, высоты, длина и т.д.);
- к гидравлическому расчету (тарелок, насадки, трубопроводной сети и т.д.).

Завершить технологические расчеты рекомендуется оценкой степени термодинамического совершенства проектируемого объекта.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А., Захаренко В.В., Зиновкина Т.В. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для студентов вузов: В 2-х кн./ под ред. В.Г. Айнштейна.— М.: Логос: Высш. шк., 2003. — 889-1758с.
2. Ахметов С.А. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа. - СПб.: Недра, 2006. — 868 с.
3. Власова, Г.В. Оборудование процессов переработки нефти и газа: учебн. пособие – М.: Изд-во ЛЕНАНД, 2019. – 224 с.
4. Врагов А.П. Процессы и оборудование газоразделительных установок. - Сумы: издательство Сум ГУ, 2004, 233 с.
5. Врагов А.П. Теплообменные процессы и оборудование химических и нефтеперерабатывающих производств. - Учебное пособие: Издательство СумГУ, Сумы, 2005. - 222 с.
6. Давидюк В.В., Васина Н.В. Ремонт, монтаж и обслуживание оборудования химических производств. Конспект лекций. — Астрахань: АГТУ, 2015. — 100 с.
7. Декина Ю.И. Конструирование и расчет элементов оборудования: курс лекций, Астрахань: АГТУ, 2006. – 36 с.
8. Денисов Ю.Н. Основные процессы и аппараты химической технологии. Часть 2. Типовые процессы и аппараты химической технологии. - Курс лекций / Ю.Н. Денисов, Н.А. Орлова, Е.А. Пазников; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 156 с.

9. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учеб, для вузов: В 2 кн. — М.: Альянс, 2015. Ч. 1: Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты — 2015. — 400 с.; Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты. — 2015. — 368 с.
10. Загидуллин С.Х., Ложкин И.Г., Беляев А.В. Основное технологическое оборудование нефтеперерабатывающих заводов. - Учебное пособие. - Пермский государственный технический университет – Пермь, 2010. – 117 с.
11. Капустин В.М., Рудин М.Г., Кудинов А.М. Основы проектирования нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий. – М.: Химия, 2012. – 440 с.
12. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов — Стер. изд. — М.: Альянс, 2014. — 753с.
13. Каталог «Нефтегазовое оборудование». – Изд-во: промышленная группа «Генерация», 2006 г. 72 с.
14. Краткий справочник нефтепереработчика. / М.Г. Рудин, В.Е. Сомов, А.С. Фомин; под ред. М.Г. Рудина. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: ЦНИИТнефтехим, 2004.-333 с.
15. Колокольцев, С.Н. Совершенствование технологий подготовки и переработки углеводородных газов: Монография. – М.: ЛЕВАНД, 2015. – 600 с.
16. Комиссаров, Ю.А., Гордеев Л.С., Вент Д.П. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие/ под ред. Ю.А. Комиссарова — М.: Химия, 2011. — 1230с.
17. Косинцев В.И. и др. Основы проектирования химических производств. - Учебник для вузов. Издание 2-е, исправленное и дополненное - Под ред.

- А.И. Михайличенко. — Москва, ИКЦ «Академкнига», 2010. - 371 с.
- 18.Лаврова Л.Ю., Степанов В.А. Альбом основных аппаратов химической технологии (в трёх частях). - Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. 152 с.
- 19.Ладыгичев, М.Г., Бернер Г.Я. Зарубежное и отечественное оборудование для очистки газов: справочник — М.: Теплотехник, 2004. — 696с.
- 20.Лукьяница А.И., Клочков В.И. Трубопроводная арматура. - Учебное пособие для студентов дневной и заочных форм обучения специальности 240801 «Машины и аппараты химических производств». - Новомосковск, РХТУ им Д.И. Менделеева, 2009. - 38 с.
- 21.Лысова В.Н., Максименко Ю.А. Массообменное оборудование химических производств: конспект лекций по курсам "Технологическое оборудование химических производств", "Технологическое оборудование пищевых производств" — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. — 94с.
- 22.Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей. – М.: Химия, КолосС, 2004. – 456 с.
- 23.Мишин В. М. Переработка природного газа и конденсата: Учебник для системы непрерывного фирменного профессионального обучения рабочих в обществах и организациях ОАО «Газпром». – М.: Издательский центр «Академия», 1999. – 448 с.
- 24.Новый справочник химика и технолога: Процессы и аппараты химических технологий/ под ред. Г.М. Островского — СПб.: Профессионал, 2010. — 848с.
- 25.Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию : учеб. пособие для вузов/ под ред. Ю.И. Дытнерского / под ред. Ю.И. Дытнерского — Стер. изд. — М.: Альянс, 2015. — 496с.

26. Павлов, К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов, изд. 10-е, перераб. и доп. : Репринт. изд. — М.: Альянс, 2013. — 576с.
27. Сбор и подготовка нефти и газа. Технология и оборудование: учеб. пособие/ А.Р. Хафизов, В.В. Чеботарев, Н.В. Пестрецов и др.; под общ.ред. А.Р.Хафизова.-2002.-С.576
28. Свидченко А.И. Проектирование технических объектов химических производств/ Конспект лекций. - Ставрополь: Изд-во С-КГТУ, 2000.- 118 с.
29. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: Недра, 2000 г. – 677 с.
30. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти: учебное пособие для студентов вузов / Под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. – М.: Химия, КолосС, 2005. – 400 с.
31. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. - Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. — 852 с.
32. Фрамазов Ф.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. – Москва, 2013. – 303 с.
33. Чудиевич Д.А., Пестовников О.Д. Эксплуатация технологического оборудования: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Д.А. Чудиевич, О.Д. Пестовников. – М.: Издательский центр «Академия», 2019. – 192 с.
34. Швыдкий В.С., Ладыгичев М.Г. Очистка газов: справочник — М.: Теплотехник, 2005. — 640с.

35. Щукина Л.В., Рыбалко Л.И., Подоплелов Е.В. Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические процессы. - Учебное пособие. – Ангарск, АГТА, 2010. – 74 с.
36. Процессы и аппараты химической технологии: методические указания / Н.И. Еникеева, Н.Б. Сосновская и др. – Казань: Издательство КНИТУ, 2014. – 72 с. [Электронный ресурс]. – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428783>

АГТУ Заказ _____ Тираж _____

« _____ » _____ 2021 г.