

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт архитектуры, строительства и энергетики  
Кафедра химических технологий

Пикалов Евгений Сергеевич

## ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Методические рекомендации по выполнению курсовых проектов  
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов ВлГУ,  
обучающихся по направлению 18.03.01 – Химическая технология

Владимир – 2016 г.

Данные методические указания включают рекомендации по выполнению и защите курсовых проектов по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов направления 18.03.01. «Химическая технология» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ОПОП направления 18.03.01. «Химическая технология», рабочей программы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии».

Рассмотрены и одобрены на  
заседании УМК направления  
18.03.01 «Химическая технология»  
Протокол №1 от 05.09.2016 г.  
**Рукописный фонд кафедры ХТ ВлГУ**

## **Цель и задачи выполнения курсового проекта**

Курсовой проект является большой самостоятельной инженерной работой студента, выполняемой под руководством одного из преподавателей кафедры, а его выполнение и защита - обязательным условием промежуточной аттестации по дисциплине. Основной целью курсового проекта является расширение, закрепление и углубленное изучение одной из основных областей знаний, изучаемых в теоретическом курсе дисциплины, а также приобретение навыков решения инженерных задач. Выполнение данного курсового проекта позволяет студенту приобрести навыки и умения, необходимые для выполнения курсовых проектов профессиональной направленности и проектной части выпускной квалификационной работы.

Задачами, которые студент решает при выполнении курсового проекта являются:

- получение навыков работы с научной и справочной литературой, нормативной документацией (ГОСТы, ОСТы, ЕСКД и ЕСТД);
- приобретение практических навыков оформления технической документации, в том числе развитие навыков исполнения технологических чертежей и спецификаций к ним;
- приобретение практических навыков написания обзоров по заданной тематике;
- приобретение практических навыков составления и разработки технологических схем химико-технологических процессов;
- приобретение практических навыков технологических расчетов по определению основных параметров процессов, характеристик и параметров работы оборудования;
- приобретение практических навыков обоснованного выбора типа и марки основного и вспомогательного технологического оборудования для проведения конкретного процесса в заданных условиях.

## **Порядок выполнения курсового проекта**

Выполнение курсового проекта предполагает успешное завершение четырех этапов в установленные сроки:

- выполнение теоретической (обзорной) части проекта;
- выполнение расчетной части проекта в соответствии с исходными данными;
- выполнение графической части проекта;
- защита курсового проекта перед комиссией.

Предполагается, что студент завершит все этапы в течении семестра, во время которого изучается данная дисциплина. Выполнение курсового проекта начинается с выдачи задания и распределения студентов по руководителям.

Темы и задания на курсовое проектирование выдаются студентам по усмотрению ведущего преподавателя на первом практическом занятии. При этом учитываются индивидуальные интересы и предпочтения студентов. Одновременно происходит распределение студентов по руководителям. Руководителем курсового проекта может быть преподаватель, ведущий данную дисциплину, или другой преподаватель кафедры, назначенный в соответствии с распределением учебной нагрузки по кафедре. Тематика, по которой руководитель будет вести проекты, также выбирается исходя из его научных и практических интересов.

В течении нескольких дней после выдачи задания студентам необходимо встретится со своими руководителями, согласовать с ними график консультаций и получить первые рекомендации и задания по выполнению курсового проекта. Рекомендуется, чтобы студент консультировался у своего руководителя не реже одного раза в неделю. На консультациях руководитель проверяет правильность исполнения курсового проекта студентов, в случае обнаружения ошибок указывает на них студенту, дает рекомендации по исправлению замечаний и дальнейшему выполнению.

Непосредственное выполнение курсового проекта начинается с подготовки теоретической части, которая включает в себя общее представление о рассматриваемом в проекте процессе или группе процессов, подтверждение его эффективности и актуальности для поставленной задачи (например, ректификация для разделения бинарных жидких смесей). Затем студент составляет и разрабатывает принципиальную технологическую схему для проведения заданного в проекте процесса. По результатам он составляет описание схемы, которое и должно быть приведено в теоретической части проекта.

После этого студент приступает к выполнению расчетной части проекта. Часть исходных данных он берет из задания на курсовое проектирование, а часть выбирает сам, основываясь на рекомендациях литературных источников и собственных представлениях. Любые самостоятельно выбранные величины должны быть им обоснованы и подтверждены последующими расчетами. Кроме того, по мере выполнения проекта студент проводит выбор некоторых величин, например, скорости потоков, давления в аппарате, размеров аппарата. Этот выбор также должен быть обоснован и подтвержден расчетами. Расчетная часть выполняется студентом по методикам, изложенным в рекомендуемых литературных источниках и по рекомендациям руководителя проекта.

После этого студент оформляет пояснительную записку в соответствии с предъявляемыми требованиями и нормативными документами, в том числе принятыми в университете и на кафедре.

Затем студент приступает к выполнению графической части проекта по результатам разработки технологической схемы и расчета основного и вспомогательного оборудования. Рекомендуется начать выполнение графической части с принципиальной технологической схемы, которая должна соответствовать представленному в теоретической части описанию. После этого студент выполняет чертеж общего вида основного оборудования в соответствии с результатами выполнения расчетной части проекта. К обоим чертежам должны быть выполнены спецификации. Чертежи и спецификации также должны соответствовать предъявляемым требованиям и нормативным документам, в том числе принятым в университете и на кафедре. В случае необходимости (для наглядности или дополнительных пояснений) студент может дополнить графическую часть проекта другими чертежами или плакатами.

После того как студент выполнил и оформил пояснительную записку в соответствии с требованиями он подписывает их. Своей подписью он подтверждает, что является автором проекта и несет ответственность за его исполнение. Затем студент должен получить подписи своего руководителя, подтверждающие его согласие с правильностью выполнения и оформления. Студент и руководитель подписывают титульный лист, пояснительную записку, спецификации и чертежи.

С подписанным курсовым проектом студент обращается к ведущему преподавателю и ему назначается дата защиты курсового проекта. Защита курсового проекта проходит перед комиссией, состав которой утверждается на кафедре. Как правило в комиссию входят ведущий преподаватель и руководители проектов. Защита включает в себя доклад студента по чертежам, которые он вывешивает перед комиссией, и ответы студента на вопросы членов комиссии. После защиты комиссия в отсутствие студента совещается и выставляет ему оценку, исходя из критериев оценивания и мнения большинства членов комиссии. Решение комиссии подтверждается протоколом защиты курсового проекта, подписанного всеми членами комиссии.

Выполнение всех этапов оценивается при проведении рейтинг-контроля, этапы рекомендуется проводить в соответствии со следующим регламентом:

#### **Регламент выполнения курсового проекта**

<b>Виды работ</b>	<b>Продолжительность</b>
Выполнение теоретической части	1 – 2 недели
Выполнение расчетной части	5 – 6 недель
Оформление расчетной части	до 1 недели
Выполнение графической части	2 – 3 недели

Виды работ	Продолжительность
Проверка готового курсового проекта	до 1 недели
Защита курсового проекта	до 1 недели
Итого	11 – 14 недель

### Темы курсовых проектов

Ниже приведены примерные исходные данные, которые могут быть изменены руководителем по согласованию с ведущим преподавателем. Незаданные параметры выбираются студентами самостоятельно с обоснованием выбора.

#### 1) Расчёт барабанной сушильной установки

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Производительность по высушенному материалу $G_1$ , т/ч	0,9	1,3	1,6	1,9
Высушиваемый материал	песок	глина	мел	доломит
Диаметр частиц материала $d$ , мм	1,4	1,8	0,8	0,9
Начальное влагосодержание материала $W_{нач}$ , %	22	24	18	16
Конечное влагосодержание материала $W_{кон}$ , %	1	9	5	0,5
Начальное влагосодержание воздуха $x_0$ , г/кг	9	11	7	12
Начальная температура сушильного агента $t_{нач}$ , °C	400	550	420	350
Конечная температура сушильного агента $t_{кон}$ , °C	120	100	110	90

В качестве топлива используется природный газ следующего состава:

Вариант	Состав газа, об. %							
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	H <sub>2</sub>	CO	N <sub>2</sub>
1	93	3,4	0,8	0,6	0,3	0,1	0,8	1
2	94	1,2	0,7	0,4	0,2	0,2	2,8	0,5
3	91,6	1,6	0,8	0,4	0,2	0,6	3,3	1,5
4	96,4	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	1,2	1,1

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Параметры топочных газов, подаваемые в сушильный барабан;
- Параметры отработанных газов. Расход сушильного агента;

- Основные размеры сушильного барабана;
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: циклон, мокрый пылеуловитель, вентилятор.

## 2) Расчёт ректификационной установки

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Разделяемая смесь	бензол – толуол	этанол – вода	метанол – вода	вода – уксусная кислота
Производительность $G_1$ , т/ч	38	36	34	32
Массовая концентрация легколетучего компонента в исходной смеси $X_F$ , %	32	28	38	35
Массовая концентрация легколетучего компонента в дистилляте $X_D$ , %	98,7	97,9	96,4	98,2
Массовая концентрация легколетучего компонента в кубовом остатке $X_W$ , %	4	6	5	9
Давление греющего пара $p_0$ , ата	2,7	3,5	2,5	3,2
Начальная температура исходной смеси $t_{нач}$ , °С	18	22	24	19
Конечная температура дистиллята и кубового остатка $t_{кон}$ , °С	25	28	30	26
Начальная температура охлаждающей воды $t_{н.в.}$ , °С	20	18	19	22
Конечная температура охлаждающей воды $t_{к.в.}$ , °С	40	37	38	38

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Материальный баланс процесса;
- Скорость пара и диаметр колонны;
- Гидравлический расчёт тарелок;
- Определение числа тарелок и высоты колонны;
- Тепловой расчёт установки
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: подогреватель исходной смеси, куб-испаритель, дефлегматор, холодильник дистиллята, холодильник кубового остатка

### 3) Расчёт теплообменника (дефлегматора)

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Охлаждаемая смесь паров	бензол – толуол	этанол – вода	хлороформ – бензол	вода – уксусная кислота
Расход паров $G_1$ , т/ч	9,6	7,2	6,4	5,8
Массовая концентрация легколетучего компонента в паре $X_0$ , %	98	92,5	89	94,5
Начальная температура охлаждающей воды $t_{2н}$ , °C	16	18	15	19
Конечная температура охлаждающей воды $t_{2к}$ , °C	31	35	29	37

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Свойства конденсируемой паровой смеси и конденсата;
- Свойства охлаждающей воды при средней температуре;
- Основные размеры теплообменника;
- Гидравлическое сопротивление теплообменника;
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: насос.

### 4. Расчет экстракционной колонны

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Исходная смесь	вода – фенол	вода – ацетон	вода – диоксан	вода – фенол
Экстрагент	бензол	хлорбензол	бензол	бензол
Расход исходной смеси $V$ , м <sup>3</sup> /ч	4	6	3,2	6,2
Начальная концентрация извлекаемого компонента в воде $x_n$ , кг/м <sup>3</sup>	0,4	0,35	0,55	0,74
Конечная концентрация извлекаемого компонента в воде $x_k$ , кг/м <sup>3</sup>	0,04	0,06	0,05	0,05

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Начальная концентрация извлекаемого компонента в экстрагенте $y_n$ , кг/м <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
Температура в экстракторе $t_3$ , °С	30	25	35	25

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Скорость осаждения капель;
- Скорость захлебывания;
- Удерживающая способность;
- Размер капель;
- Условия и параметры массопередачи
- Размеры экстракционной колонны
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: конденсатор.

### **Основные требования к написанию курсового проекта**

По результатам выполнения курсового проекта и в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД, а также нормативных документов университета и кафедры, оформляется пояснительная записка общим объемом 30 – 50 стр. и выполняются чертежи на листах формата А1. На чертежах должны быть представлены принципиальная технологическая схема установки и общий вид проектируемого аппарата (сборочный чертеж или чертеж общего вида).

Обязательным элементом курсового проекта является лист задания, выдаваемый студенту вместе с темой и подписанный ведущим преподавателем. Лист задания подшивается после титульного листа и перед содержанием.

Бланки титульного листа и листа с заданием представлены в приложениях к данным методическим рекомендациям.

### **Критерии оценки курсового проекта**

Курсовой проект оценивается каждым членом комиссии в отдельности по представленным ниже показателям. После этого определяется среднее арифметическое значение оценок членов комиссии и складывается с рейтинг-контролем выполнения

курсового проекта. По итоговому количеству баллов студенту выставляется оценка в соответствии со шкалой оценивания.

### **Критерии оценки качества оформления пояснительной записки и чертежей**

<b>Оценка</b>	<b>Критерий оценивания</b>
5	Оформление пояснительной записки и чертежей полностью соответствует предъявляемым требованиям; отсутствуют грамматические, технические и арифметические ошибки; материал изложен подробно, последовательно, логично и обоснованно; графический материал (чертежи и иллюстрации) наглядный и понятный.
4	Оформление пояснительной записки и чертежей полностью соответствует предъявляемым требованиям; могут быть незначительные грамматические, технические и/или арифметические ошибки; материал изложен последовательно, логично и обоснованно; графический материал (чертежи и иллюстрации) наглядный и понятный.
3	Оформление пояснительной записки и чертежей незначительно отличается от предъявляемых требований; есть незначительные грамматические, технические и/или арифметические ошибки; материал изложен последовательно и логично; графический материал (чертежи и иллюстрации) наглядный, но его исполнение не надлежащего качества.
1 - 2	Могут быть серьезные замечания по оформлению пояснительной записки и чертежей; могут быть серьезные и есть незначительные грамматические, технические и/или арифметические ошибки; материал может быть изложен не последовательно и без пояснений; графический материал (чертежи и иллюстрации) выполнен грубо и его восприятие затруднено.

### **Критерии оценки качества доклада**

<b>Оценка</b>	<b>Критерий оценивания</b>
---------------	----------------------------

10	Доклад информативный, логичный и последовательный; при докладе студент активно пользуется чертежами; при изложении материала не было допущено стилистических, логических и технологических ошибок.
7 - 9	Доклад в меру информативный, логичный и последовательный; при докладе студент пользуется чертежами; при изложении материала не было допущено технологических, но могут быть стилистические и логические ошибки.
4 - 6	Доклад недостаточно информативный, логичный и последовательный; при докладе студент почти не пользуется чертежами; при изложении материала допущены незначительные технологические ошибки, могут быть стилистические и логические ошибки.
1 - 2	Доклад мало информативный, не логичный и не последовательный; при докладе студент может не пользоваться чертежами; при изложении может допускать серьезные стилистические, логические и технологические ошибки

#### **Критерии оценки качества ответов на вопросы комиссии**

<b>Оценка</b>	<b>Критерий оценивания</b>
16 - 20	Ответы на вопросы полные, обоснованные и правильные; ответы могут сопровождаться примерами и связываются с результатами курсового проекта; когда это необходимо студент пользуется графическим материалом; легко находит ответы на вопросы реконструктивного характера и отлично ориентируется в вопросах по тематике.
10 - 15	Ответы на вопросы достаточно полные, но при ответах на некоторые могут быть допущены незначительные ошибки; когда это необходимо студент пользуется графическим материалом; достаточно легко находит ответы и ориентируется в вопросах по тематике.
6 - 9	Ответы на вопросы не полные и с незначительными ошибками; не пользуется графическим материалом при ответах; с трудом находит ответы и плохо ориентируется в вопросах темы.
1 - 5	Большинство ответов не полные с серьезными ошибками; не пользуется графическим материалом при ответах; находит ответы не на все вопросы и не ориентируется в вопросах темы

#### **Шкала оценивания**

<b>Оценка в баллах</b>	<b>Оценка за выполнение курсового проекта</b>
91 - 100	«Отлично»
74 - 90	«Хорошо»
61 - 73	«Удовлетворительно»
менее 60	«Неудовлетворительно»

### **Список литературы**

1. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов – М.: АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);
2. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие – М.: Абрис, 2012. - 199 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN97854327200452.html>);
3. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);
4. Ягов В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях: учебное пособие для вузов - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - 542 с. (доступ по интернет-ссылке: <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI220.html>);
5. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: Справоч. пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 112 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300140.html>).
6. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html>);
7. Давыдова М.А. Лекции по гидродинамике. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 216 с. (доступ по интернет-ссылке: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113038.html>);
8. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html>);
9. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>);
10. Тужилкин А.М. и др. Гидравлика: Учеб. пособие. - М.: Издательство АСВ, 2011. - 272 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938074.html>).

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**"Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых"**  
**(ВлГУ)**

Кафедра химических технологий

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»

студента *Фамилия Имя Отчество* (в родительном падеже)

**Тема проекта** (полностью и в соответствии с заданием)

Руководитель проекта,  
ученая степень, ученое звание, должность

И.О. Фамилия

Студент гр.

И.О. Фамилия

Владимир, 20\_\_

Приложение Б

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и  
Николая Григорьевича Столетовых»**

Кафедра "Химические технологии"

**ЗАДАНИЕ**

**на курсовой проект**

по дисциплине \_\_\_\_\_ "Процессы и аппараты химической технологии" \_\_\_\_\_

студенту \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_

Тема проекта \_\_\_\_\_

**Исходные данные:**

- 1.
- 2.
- ...

**Обязательные для разработки вопросы:**

1. описание технологической схемы установки;
- 2.
- ...

**Список обязательных чертежей:**

1. технологическая схема (формат А1);
2. Общий вид (формат А1).

Срок сдачи законченного проекта " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Ведущий преподаватель: \_\_\_\_\_ уч. степень, уч. звание, должность, Ф.И.О.