

Титульный лист программы
дисциплины (SYLLABUS)



Форма
Ф СО ПГУ 7.18.4/19

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова
Кафедра химии и химических технологий

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (SYLLABUS)

MZhG 5305 «Механика жидкостей и газов»

Павлодар, 2013 г.

Лист утверждения программа
дисциплины (Syllabus)



Форма
Ф СО ПГУ 7.18.4/19

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

_____ Ахметов К. К.

«__» _____ 20__ г.

Составитель: _____ доцент, к.х.н. Несмеянова Р. М.
(подпись)

Программа дисциплины (Syllabus)

«Механика жидкостей и газов» MZhG 5305

для магистрантов специальностей 6M072000 «Химическая технология неорганических веществ»,
6M072100 «Химическая технология органических веществ»

Программа разработана на основании рабочей учебной программы, утверждённой «__»
_____ 20__ г.

Рекомендована на заседании кафедры от «__» _____ 20__ г.

Протокол № _____.

Заведующий кафедрой _____ Жапаргазинова К. Х. «__» _____ 20__ г.

Рекомендована учебно-методическим советом факультета ХТиЕ

«__» _____ 20__ г. Протокол № _____

Председатель УМС факультета _____ Каниболоцкая Ю. М. «__» _____ 20__ г.

1. Паспорт учебной дисциплины

Наименование дисциплины «Механика жидкостей и газов»

Количество кредитов и сроки изучения

Всего – 4 кредита

Курс: 1

Семестр: 1

Всего аудиторных занятий – 60 часов

Лекции – 30 часов

Практические /семинарские занятия – 30 часов

СРС – 120 часов

в том числе СРСП – 22,5 часов

Общая трудоемкость – 180 часов

Форма контроля

Экзамен – 1 семестр

Пререквизиты

Для освоения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, приобретённые при изучении следующих дисциплин: физика, математика, теоретическая и прикладная механика, начертательная геометрия и инженерная графика, общая химическая технология.

Постреквизиты

Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, необходимы для освоения следующих дисциплин: основы безотходных производств, коллоидно-химические основы технологических процессов.

2. Сведения о преподавателях и контактная информация

Ф.И.О.: Несмеянова Римма Михайловна

Учёная степень, звание, должность: кандидат химических наук, магистр техники и технологии по специальности «Химическая технология», доцент ПГУ им. С. Торайгырова.

Кафедра «Химия и химические технологии», аудитория А-511,

телефон: 8(7132)673651,

E-mail: hiht_2007@mail.ru, nesm_r@mail.ru.

3. Предмет, цели и задачи

Предмет дисциплины. В курсе «Механика жидкостей и газов» изучаются процессы, являющиеся составной частью многих технологических производств. Знание курса позволяет выбирать оптимальные режимы производства, конструировать технологические аппараты, выполнять материальные и энергетические балансы, моделировать технологические процессы.

Цель преподавания дисциплины: систематизация знаний по основам технологических процессов химических производств, выработка умения и навыков расчёта химических аппаратов и химико-технологических систем, развитие у магистрантов способности к самостоятельному поиску, анализу и усвоению знаний о химико-технологических процессах.

Задачи изучения дисциплины: получение знаний о принципах и методах организации важнейших технологических процессов получения базовых продуктов химической промышленности, понимание глубокой физической общности основных процессов химической технологии, овладение магистрантами основными методами технологического расчёта важнейших аппаратов химических производств.

4. Требования к знаниям, умениям, навыкам и компетенциям

В результате изучения данной дисциплины магистранты должны:

иметь представление:

- о конструктивном оформлении машин и аппаратов с учётом специфики процесса и способа обработки вещества;

знать:

- характеристику типовых (основных) процессов и аппаратов, неизменно присутствующих в большинстве химико-технологических производств;

- методику расчёта и проектирования химической аппаратуры;

уметь:

- комплексно использовать закономерности гидромеханики, тепло-массообмена и макрокинетики химических превращений в расчётах химического оборудования;
- приобрести практические навыки:
- в рациональной организации технологического процесса;
- быть компетентным:
- в вопросах, касающихся механики жидкостей и газов, процессов, аппаратов, машин химических производств.

5 Тематический план изучения дисциплины Распределение академических часов по видам занятий

№ п/п	Наименование тем	Количество аудиторных часов по видам занятий			СРО	
		лекции	практические (семинарские)	лабораторные студийные, индивидуальные	Всего	в том числе СРОП
1	Техническая гидравлика	10	10	-	20	3
2	Перемещение жидкостей	4	6	-	20	2,5
3	Сжатие и разрежение газов	4	-	-	40	2,5
4	Перемешивание	4	6	-	20	3
5	Разделение неоднородных смесей	8	8	-	20	3
	Всего: 180 (4 кредита)	30	30	-	120	22,5

6. Содержание лекционных занятий

Тема 1. Техническая гидравлика. Предмет и задачи технической гидравлики. Основные физические свойства капельных жидкостей. Гидростатика. Основное уравнение гидростатики. Гидродинамика. Дифференциальные уравнения гидродинамики. Уравнение Бернулли. Уравнение равномерного движения реальной жидкости в прямолинейном канале. Режимы движения реальной жидкости. Гидродинамическое подобие. Ламинарное движение ньютоновских жидкостей в трубах круглого сечения. Ламинарное движение неньютоновских жидкостей в трубах круглого сечения. Турбулентное течение жидкостей в трубах круглого сечения. Расчёт трубопроводов для транспорта жидкостей. Расчёт газопроводов. Движение твёрдых тел в жидкости (газе). Образование и движение газовых пузырьков и жидких капель. Движение жидкости (газа) в неподвижных слоях зернистых материалов и насадок. Псевдооживленный слой зернистых материалов. Движение двухфазных потоков. Структура потоков и распределение времени пребывания жидкости в аппаратах.

Литература: [1, с. 30 – 102; 4, с. 152 – 190].

Мультимедийное сопровождение: [1; 6].

Тема 2. Перемещение жидкостей. Поршневые насосы. Устройство, принцип действия, классификация поршневых насосов. Теоретическая и действительная производительность поршневых насосов. Выравнивание движения жидкости во всасывающем и нагнетательном трубопроводах. Предельная геометрическая высота всасывания жидкости. Процесс нагнетания. Расход энергии на перекачку жидкости поршневыми насосами. Регулирование производительности поршневых насосов. Достоинства и недостатки поршневых насосов. Центробежные насосы. Устройство, принцип действия центробежных насосов. Основное уравнение центробежного насоса. Геометрическая высота всасывания жидкости центробежным насосом. Расход энергии на перекачку жидкости центробежными насосами. Характеристики центробежных насосов. Определение рабочих точек центробежных насосов. Регулирование производительности центробежных насосов. Параллельная и последовательная работа центробежных насосов. Достоинства и недостатки центробежных насосов. Насосы других типов: роторные, вихревые, струйные насосы, газлифт.

Литература: [1, с. 102 – 134; 4, с. 190 – 235].

Мультимедийное сопровождение: [1; 6].

Тема 3. Сжатие и разрежение газов. Поршневые компрессоры. Принцип действия и теоретические рабочие диаграммы поршневых компрессоров. Работа сжатия газа в поршневых компрессорах. Производительность поршневых компрессоров. Многоступенчатое сжатие газа в поршневых компрессорах. Расход энергии на сжатие газа в поршневых компрессорах. Регулирование производительности поршневых компрессоров. Центробежные компрессоры. Устройство, принцип действия турбогазодувок и турбокомпрессоров. Степень сжатия газа в турбогазодувках и турбокомпрессорах. Расход энергии. Характеристики турбогазодувок и турбокомпрессоров. Рабочие точки. Параллельная и последовательная работа машин. Регулирование производительности турбогазодувок и турбокомпрессоров. Осевые компрессоры. Вентиляторы. Ротационные компрессоры: пластинчатые, компрессоры с двумя вращающимися поршнями, винтовые, компрессоры с жидкостным кольцом. Струйные компрессоры. Сравнение и области применения компрессоров различных типов. Вакуум-насосы: поршневые, ротационные, вакуум-насосы других типов, насосы для создания глубокого вакуума.

Литература: [1, с. 134 – 177; 4, с. 235 – 239].

Мультимедийное сопровождение: [1; 6].

Тема 4. Перемешивание. Механические мешалки для жидких и газожидкостных сред. Барботажное перемешивание жидкостей и суспензий. Перемешивание в потоке неподвижными турбулизаторами. Циркуляционное перемешивание жидкостей. Расход энергии на перемешивание в жидких средах механическими мешалками. Определение рационального рабочего режима механических мешалок. Моделирование аппаратов с механическими мешалками. Расход энергии на барботажное перемешивание жидкости. Смещение твёрдых сыпучих материалов.

Литература: [1, с. 177 – 265; 4, с. 239 – 363].

Мультимедийное сопровождение: [1; 6].

Тема 5. Разделение неоднородных смесей. Гравитационное осаждение. Осаждение в поле центробежной силы. Техника разделения суспензий. Закономерности разделения суспензий и нестойких эмульсий в осадительных центрифугах. Разделение суспензий и нестойких эмульсий в гидроциклонах. Разделение газозвесей (обеспыливание газов) в циклонах. Разделение газозвесей в электрическом поле. Фильтрование. Устройство, принцип действия аппаратов для фильтрования.

Литература: [1, с. 177 – 265; 4, с. 239 – 363].

Мультимедийное сопровождение: [1; 6].

7. Содержание практических (семинарских, лабораторных, студийных, индивидуальных) занятий, их объем в часах

Содержание практических занятий

Тема 1. Техническая гидравлика. Гидравлические процессы. Физико-химические свойства жидкостей и газов. Определение режимов движения потоков. Энергия потока и уравнение Бернулли. Определение скорости течения жидкости (скоростная трубка Пито-Прандтля). Истечение жидкости через отверстия и насадки. Потери напора (линейные, местные). Подбор оптимального диаметра трубопровода.

Задание: Основные физические свойства капельных жидкостей; Режимы движения жидкости; Измерение скорости течения жидкости (трубка Пито, трубка Прандтля, трубка Вентури); Закон сохранения массы, энергии; Понятие "давление"; Истечение жидкости через отверстия, насадки и водосливы.

Литература: [1, с.16-22; 1, с.20-21; 14, с.36-37; 1, с.64-69; 3, с.19-23].

Тема 2. Перемещение жидкостей. Определение основных характеристик насоса. Расчёт и подбор центробежного насоса.

Задание: Основные физические свойства капельных жидкостей.

Литература: [1, с.16-22].

Тема 4. Перемешивание. Механическое перемешивание. Перемешивающие устройства реакторов. Основные параметры и условия работы перемешивающих устройств. Подбор перемешивающего устройства.

Задание: Основные физические свойства капельных жидкостей.

Литература: [1, с.16-22].

Тема 5. Разделение неоднородных смесей. Осаждение. Фильтрование. Центрифугирование.

Задание: Неоднородные смеси. Общие понятия и определения.

Литература: [1, с.196-198].

8. Задания самостоятельной работы

Тема 1. Техническая гидравлика.

Задания СРС:

1. Разработка вопросов:

1) Краткие исторические сведения о развитии курса процессов и аппаратов химической технологии.

2) Вклад ученых Казахстана и других зарубежных стран в науку о процессах и аппаратах химической технологии.

2. Подобрать информацию в учебных и периодических изданиях по указанным вопросам.

Задания СРС:

1. Разработка вопросов:

1) Основы теории подобия и анализа размерностей.

2) Общие принципы анализа и расчёта процессов и аппаратов.

2. Изучить литературу [2, с. 9-13; 7, с. 17-25];

Задания СРС:

1. Разработка вопросов:

1) Основное уравнение переноса субстанций (количество движения, теплоты и массы). Движущие силы процессов переноса. Аналогия процессов переноса.

2) Уравнение переноса теплоты (дифференциальное уравнение конвективного теплообмена).

3) Уравнение переноса массы (дифференциальное уравнение конвективной диффузии), уравнение переноса количества движения (уравнение Навье-Стокса).

2. Изучить литературу [1, с. 30-35; 4, с.11-26].

Задания СРС:

1. Разработка вопросов:

1) Физическое моделирование. Метод обобщенных переменных (основы теории подобия). Критерии (числа) подобия.

2) Преобразования дифференциальных уравнений методами подобия. Обобщенные критериальные уравнения (уравнения подобия).

3) Подобия гидродинамических процессов.

4) Анализ размерностей.

5) Теорема Бэкингема.

6) Математическое моделирование. Понятие о математической модели и принципах ее построения.

7) Сравнительная характеристика физического и математического моделирования.

2. Изучить литературу [4, с.145-152; 13, с.76-94].

1. Разработка вопросов:

1) Давления: абсолютное, избыточное, остаточное, гидростатическое.

2) Давление жидкости на дно и стенки сосуда.

3) Основные приложения уравнения гидростатики.

4) Истечение жидкостей и газов при постоянном и переменном напоре.

2. Изучить литературу [1, с.16-30; 4, с.29-76; 2, с. 9-63].

3. Написать реферат по одному из вопросов.

Тема 2. Перемещение жидкостей.

Задания СРС:

1. Разработка вопросов:

1) Основные параметры насосов. Напор, высота всасывания, подача, мощность, КПД, характеристики насосов (центробежного, поршневого).

2) Параллельная и последовательная работа центробежного насосов. Работа на сеть и управление работой насоса. Типовая схема и основные характеристики насосной установки.

3) Насосы других типов: осевые, плунжерные, пластинчатые и другие; принцип действия, краткая техническая характеристика, применение.

4) Газлифты и струйные насосы: устройство, принцип действия, сравнительная характеристика, применение.

5) Сравнительная характеристика и области применения насосов различных типов, выбор типа насоса.

2. Изучить литературу [1, с.102-133; 2, с.64-88; 4, с.144-170].

Тема 3. Сжатие и разрежение газов.

Задания СРС:

1. Разработка вопросов:

1) Компрессоры. Классификация компрессоров. Типовая схема и основные характеристики компрессорной установки.

2) Поршневые компрессоры: устройство, принцип действия, классификация и краткая характеристика машин разных типов. Рабочий цикл одноступенчатого компрессора, индикаторная диаграмма, степень сжатия, производительность, коэффициент подачи, удельная энергия на сжатие, КПД. Многоступенчатое сжатие. Оптимальное распределение степени сжатия по ступеням компрессора. Основные схемы многоступенчатых машин. Управление работой поршневого компрессора.

3) Центробежные компрессоры: классификация, устройство, принцип действия, напор, производительность, характеристика, мощность на валу. Управление работой центробежного компрессора.

4) Компрессоры других типов: ротационные, осевые, винтовые и другие: принцип действия, краткая техническая характеристика, применение.

5) Вентиляторы и газодувки: классификация, краткая характеристика, применение.

6) Сравнительная характеристика и области применения машин для сжатия газов различных типов, выбор типа машины.

2. Изучить литературу [1, с.134-173; 2, с.64-88; 4, с.170-172].

3. Написать реферат по одному из вопросов.

Тема 4. Перемешивание.

Задания СРС:

1. Разработка вопросов:

1) Механическое перемешивание. Движение тел в жидкостях: режимы движения твердых тел, движение жидкости в окрестности вращающейся лопасти, мощность на перемешивание, выбор числа оборотов мешалки.

2) Циркуляционное и пневматическое перемешивание.

2. Изучить литературу [1, с.196-261; 2, с.89-145; 4, с.172-207].

Тема 5. Разделение неоднородных смесей.

Задания СРС:

1. Разработка вопросов:

1) Классификация жидких неоднородных систем. Осаждение. Фильтрация. Центрифугирование.

2) Классификация неоднородных газовых систем. Центробежное осаждение. Очистка газов фильтрованием.

2. Изучить литературу [1, с.196-261; 2, с.89-145; 4, с.172-207].

10. График консультации СРОП

Консультация по всем вопросам, касающихся лекционного материала, вопросов практических и лабораторных занятий, вопросов СРО и курсовых проектов осуществляется согласно графику СРОП на текущий семестр.

11. Расписание проверок знаний обучающихся

Посещение лекции и практическая (семинарская, лабораторная, индивидуальные, студийные) оцениваются 0-100 баллов.

График выполнения и сдачи заданий по дисциплине

№	Виды работ	Тема, цель и содержание задания	Рекомендуемая литература	Продолжительность выполнения	Форма контроля	Срок сдачи
1	2	3	4	5	6	7
1	Реферат	Тема 1. Техническая гидравлика		6 недель	конспект	7-ая неделя
3	Рубежный контроль	Тема 1 Тема 2			тестирование	8-ая неделя
4	Реферат	Тема 3. Сжатие и		6 недель	конспект	14-ая

		разрежение газов				неделя
7	Рубежный контроль	Тема 3 Тема 4 Тема 5			тестирование	15-ая неделя

12. Критерии оценки знаний обучающихся

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом в форме тестирования, который охватывает весь пройденный материал. Обязательным условием для допуска к экзамену является выполнение всех предусмотренных заданий в программе. Каждое задание оценивается 0-100 баллов.

Рейтинг допуска выводится из среднеарифметического всех выполненных заданий на текущих занятиях (посещение лекции, домашние задания, задания по СРО, задания по практике и другие, рубежный контроль).

К итоговому контролю (ИК) по дисциплине допускаются студенты, выполнившие все требования рабочей учебной программы (выполнение и сдача всех лабораторных работ, работ и заданий по СРС), получившие положительную оценку за защиту курсового проекта (работы) и набравшие рейтинг допуска (не менее 50 баллов).

Уровень учебных достижений студентов по каждой дисциплине (в том числе и по дисциплинам, по которым формой итогового контроля ГЭ) определяется итоговой оценкой (И), которая складывается из оценок РД и ИК (экзамена, дифференцированного зачета или курсовой работы/проекта) с учетом их весовых долей (ВДРД и ВДИК).

$$И = РД * 0,6 + ИК * 0,4$$

Весовые доли ежегодно утверждаются ученым советом университета и должны быть для РД не более 0,6, а для ИК не менее 0,3.

КП/КР защищаются перед комиссией. Оценка выставляется в соответствии с продемонстрированными знаниями с учётом отзыва руководителя.

Итоговая оценка по дисциплине подсчитывается только в том случае, если обучающийся имеет положительные оценки, как по рейтингу допуска, так и по итоговому контролю. Не явка на итоговый контроль по неуважительной причине приравнивается к оценке «не удовлетворительно». Результаты экзамена и промежуточной аттестации по дисциплине доводятся до студентов в тот же день или на следующий день, если письменный экзамен проводился во второй половине дня.

Для корректности подсчета итоговой оценки знания обучающегося на рубежном контроле (рейтинге) и итоговом экзамене оцениваются в процентах от 0 до 100%.

Оценка рубежного контроля складывается из текущих оценок и оценки рубежного контроля.

Учебные достижения, то есть Знания, умения, навыки и компетенции студентов по дисциплине оцениваются по многобалльной буквенной системе адекватной ее цифровому эквиваленту и традиционной шкале оценок:

Оценка по буквенной системе	Цифровой эквивалент баллов	Процентное содержание	Оценка по традиционной системе
A	4,0	95-100	Отлично
A-	3,67	90-94	
B+	3,33	85-89	Хорошо
B	3,0	80-84	
B-	2,67	75-79	
C+	2,33	70-74	Удовлетворительно
C	2,0	65-69	
C-	1,67	60-64	
D+	1,33	55-59	
D	1,0	50-54	

F	0	0-49	Неудовлетворительно
---	---	------	---------------------

13. Требования преподавателя, политика и процедуры

Посещение обучающимися всех аудиторных занятий без опозданий является обязательным. В случае пропуска занятия отрабатываются в порядке, установленном деканатом. Допускается максимально только два пропуска занятий. Два опоздания на занятие приравниваются одному пропуску. В случае более двух пропусков преподаватель имеет право в дальнейшем студента не допускать к занятиям до административного решения вопроса. Присутствие на лекциях посторонних лиц, не являющихся контингентом студентов данного курса, запрещается.

Работы следует сдавать в указанные сроки. Крайний срок сдачи всех заданий – за 3 дня до начала экзаменационной сессии.

Студенты, не сдавшие все задания, и не защитившие курсовую работу, не допускаются к экзамену.

Повторение темы и отработка пройденных материалов по каждому учебному занятию обязательны. Степень освоения учебных материалов проверяется тестами или письменными работами. Тестирование студентов может проводиться без предупреждения.

При выполнении самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя (СРСР) учитывать следующие четыре основные функции.

Первая – предполагает реализацию активного восприятия студентами информации преподавателя, полученной в период установочных занятий по учебной дисциплине.

Вторая функция предполагает, что студенты самостоятельно, на основании рекомендаций преподавателя, изучают учебно-методические пособия, литературные источники, выполняют домашние задания, контрольные и курсовые работы и т.д. На этом этапе от студентов требуется знание методов работы, фиксация своих затруднений, самоорганизация и самодисциплина.

Третья функция студентов состоит в анализе и систематизации своих затруднительных ситуаций, выявлении причин затруднений в понимании и усвоении ими учебного материала, выполнении других учебных действий. Студенты переводят неразрешимые затруднения в систему вопросов для преподавателя (ранжируют их, упорядочивают, оформляют), строят собственные версии ответов на эти вопросы.

Четвертая функция студентов состоит в обращении к преподавателю за соответствующими разъяснениями, советами, консультациями.

14. Список литературы

Основная

1) Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Кн.1,2.М.: Химия, 1981. – 812 с.

2) Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. М.: Химия, 1973. – 750 с.

3) Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. 9-е изд. Л.: Химия, 1981. – 560с.

4) Плановский А.А., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической технологии и нефтехимической технологии. 3-е изд. М.: Химия, 1987. – 540с.

Дополнительная

5) Айнштейн В.Г., Захаров М.Н., Носов Г.А., Захаренко В.В., Зиновкина Т.В., Таран А.Л., Костанян А.Е. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для вузов: в 2 кн. М.: Химия, 1999 (кн.1, 888с.; кн.2, 872с.)

6) Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Ч 1,2. М.: Химия, 1981. – 812с.

7) Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.

8) Коган В.Б. Теоретические основы типовых процессов химической технологии. Л.: Химия, 1977. – 592с.

9) Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи / И.В. Доманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский и др. Под общ. ред. В.Н. Соколова. – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.

- 10) Основные процессы и аппараты химической технологии (Пособие по проектированию). Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия, 1991. – 496с.
- 11) Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. Л.: Химия, – 288с.
- 12) Справочник химика. М.: Химия, т.3. 1962. – 1006с., т.5. 1996, – 974с.
- 13) Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2003. – 608с.
- 14) Черняк О.В. Основы теплотехники и гидравлики. – М.: Высшая школа, 1974. – 287 с.

15. Список мультимедийного сопровождения

- 1) Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Кн.1,2.М.: Химия, 1981. – 812 с.
- 2) Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Ч 1,2. М.: Химия, 1981. – 812с.
- 3) Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
- 4) Основные процессы и аппараты химической технологии (Пособие по проектированию). Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия, 1991. – 496с.
- 5) Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. 9-е изд. Л.: Химия, 1981. – 560с.
- 6) Плановский А.А., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической технологии и нефтехимической технологии. 3-е изд. М.: Химия, 1987. – 540с.

