

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 прикладной математики, информатики, био- и нанотехнологий
Кафедра химических технологий

Пикалов Евгений Сергеевич

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ
И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии
и защиты окружающей среды» для студентов ВлГУ,
обучающихся по направлению 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии нефтехимии и биотехнологии

Владимир – 2015 г.

Данные методические указания включают рекомендации по проведению практических занятий и варианты заданий, выполняемых на практических занятиях по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии и защиты окружающей среды» для студентов направления 18.03.02. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ОПОП направления 18.03.02. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», рабочей программы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии и защиты окружающей среды».

Рассмотрены и одобрены на
заседании УМК направления
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
Протокол №9 от 01.04.2015 г.
Рукописный фонд кафедры ХТ ВлГУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическое занятие 1. Разработка технологических схем для проведения процессов химической технологии с учетом реализации задач защиты окружающей среды.....	4
Практическое занятие 2. Расчет физических и тепловых свойств жидкостей, газов и паров.....	7
Практическое занятие 3. Определение гидравлических сопротивлений установок и аппаратов.....	12
Практическое занятие 4. Расчет и выбор оборудования для обеспечения жидкостных и газовых потоков в установках.....	16
Практическое занятие 5. Расчет материального баланса процесса абсорбции.....	21
Практическое занятие 6. Определение средней движущей силы абсорбции.....	25
Практическое занятие 7. Определение коэффициента массопередачи при абсорбции...	30
Практическое занятие 8. Изотермы адсорбции.....	33
Практическое занятие 9. Коэффициент массопередачи при адсорбции.....	37
Практическое занятие 10. Расчет материального баланса процесса фильтрования.....	41
Практическое занятие 11. Выбор толщины слоя осадка при фильтровании. Энергетический расчет фильтров.....	44
Практическое занятие 12. Определение основных показателей адсорбции.....	49
Практическое занятие 13. Расчет материального баланса процесса адсорбции.....	53
Практическое занятие 14. Определение основных размеров абсорберов и адсорберов..	56
Практическое занятие 15. Расчет и выбор вспомогательных аппаратов фильтровальных установок.....	61

Практическое занятие 1. Разработка технологических схем для проведения процессов химической технологии с учетом реализации задач защиты окружающей среды

Цель практического занятия: получить навык составления и разработки принципиальных технологических схем.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия преподаватель проводит беседу со студентами по тематике занятия для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 15 – 20 минут, преподаватель объясняет студентам общие принципы цели и задачи составления и разработки технологических схем.

Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задание по составлению блок-схемы в качестве примера, которое он выполняет у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык составления блок-схем и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по разработке и составлению блок-схемы. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение основных принципов составления технологических схем и выполнение задания по составлению блок-схемы отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику выполнения самой технологической схемы на основе выполненной блок-схемы и предъявляемые к технологическим схемам требования. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задание в качестве примера, которое он

выполняет у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык выполнения технологических схем и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по выполнению принципиальной технологической схемы. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики выполнения принципиальных технологических схем и выполнение заданий отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это

позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

На данном занятии студенту необходимо на основе заданного ему процесса вначале составить блок-схему технологических операций и потоков, а затем на ее основе выполнить принципиальную технологическую схему с отображением применяемого оборудования и вспомогательных устройств (вентилей, заслонок, гидрозатворов и т.д.). Выбор типов оборудования необходимо обосновать.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может задать следующие исходные данные:

Вариант	Процесс	Цель процесса	Дополнительно
1	сушка	сушка песка	прямоточная схема
2	сушка	сушка доломита	прямоточная схема
3	сушка	сушка глины	противоточная схема
4	сушка	сушка мела	противоточная схема
5	сушка	сушка глины	прямоточная схема
6	ректификация	разделение смеси бензол - толуол	периодическая схема
7	ректификация	разделение смеси этанол - вода	без дефлегмации
8	ректификация	разделение смеси метанол - этанол - вода	-
9	ректификация	разделение смеси вода - уксусная кислота	под вакуумом
10	ректификация	разделение смеси метанол - вода	-
11	дефлегмация	конденсация смеси бензол - толуол	многоходовый*
12	дефлегмация	конденсация смеси этанол - вода	вертикальный
13	дефлегмация	конденсация смеси метанол - вода	-
14	дефлегмация	конденсация смеси вода - уксусная кислота	многоходовый
15	дефлегмация	конденсация смеси бензол - толуол	вертикальный
16	экстракция	извлечение фенола из воды бензолом	распыливающий*
17	экстракция	извлечение ацетона из воды бензолом	тарельчатый
18	экстракция	извлечение диоксан из воды бензолом	насадочный
19	экстракция	извлечение фенола из воды бензолом	пульсационный
20	экстракция	извлечение ацетона из воды бензолом	вибрационный

*Примечание: *для дефлегмации и экстракции дополнительно указаны конструктивные особенности основного аппарата (дефлегматора и экстрактора)*

Вопросы для обсуждения

1. Цели и задачи составления принципиальных технологических схем;
2. Схемы движения потоков в химической технологии;
3. Типы основных аппаратов и оборудования химической технологии
4. Вспомогательное оборудование в установках химико-технологических процессов;
5. Вспомогательные устройства в установках химико-технологических процессов;
6. Обеспечение условий протекания процессов.

Список литературы

1. 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>) – стр. 22-38;
2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ) – стр. 36-45;
3. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>) – стр. 6-24.

Практическое занятие 2. Расчет физических и тепловых свойств жидкостей, газов и паров

Цель практического занятия: изучить методику определения свойств веществ и смесей в жидком, газо- и парообразном состоянии.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета физических и тепловых свойств веществ в различных агрегатных состояниях. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы.

Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету физических и тепловых свойств веществ. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета физических и тепловых свойств веществ, а также решение задач по этой теме отводится примерно 30 – 40 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета физических и тепловых свойств смесей в различных агрегатных состояниях. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету физических и тепловых свойств смесей. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета физических и тепловых свойств смесей и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также

эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Определить плотность, вязкость, теплоемкость и теплопроводность заданного вещества в жидком и газообразном состояниях при заданных условиях.

Исходные данные:

Вариант	Вещество	Температура в жидком состоянии, °С	Условия для газообразного состояния	
			Температура, °С	Давление, кПа
1	бензол	23	125	101,3
2	толуол	69	92	112,0
3	этанол	12	80	106,5
4	метанол	47	78	169,0

Вариант	Вещество	Температура в жидком состоянии, °С	Условия для газообразного состояния	
			Температура, °С	Давление, кПа
5	уксусная кислота	108	129	101,3
6	вода	71	148	192,5
7	фенол	102	159	109,4
8	ацетон	61	133	117,0
9	хлорбензол	43	127	172,2
10	диоксан	21	137	127,4
11	анилин	104	88	101,3
12	серная кислота	53	300	142,1
13	соляная кислота	73	129	198,2
14	гидроксид натрия	44	126	151,4
15	бутанол	87	112	101,3
16	пропанол	36	100	123,3
17	этилацетат	105	90	141,0
18	аммиак	15	110	121,0
19	сероуглерод	67	155	101,3
20	нитробензол	85	138	101,3

2. Определить плотность, вязкость, теплоемкость, теплопроводность и температуру конденсации заданной смеси при заданных условиях. Во всех случаях давление атмосферное.

Исходные данные:

Вариант	Компонент 1		Компонент 2		Температура, °С
	вещество	содержание, масс.%	вещество	содержание, масс.%	
1	бензол	65	толуол	35	86
2	этанол	42	вода	58	39
3	метанол	12	вода	88	82
4	вода	70	уксус. кислота	30	40
5	вода	6	фенол	94	118
6	вода	61	ацетон	39	87
7	вода	85	бензол	15	142
8	вода	28	диоксан	72	112

Вариант	Компонент 1		Компонент 2		Температура, °С
	вещество	содержание, масс. %	вещество	содержание, масс. %	
9	бензол	32	фенол	68	136
10	хлорбензол	16	ацетон	84	124
11	бензол	51	толуол	49	109
12	этанол	52	вода	48	135
13	метанол	18	вода	82	41
14	вода	66	уксус. кислота	34	74
15	вода	26	фенол	74	22
16	вода	57	ацетон	43	25
17	вода	36	бензол	64	88
18	вода	47	диоксан	53	33
19	бензол	25	фенол	75	90
20	хлорбензол	40	ацетон	60	144

Вопросы для обсуждения

1. Цели и задачи расчета физических и тепловых свойств веществ и смесей;
2. Величины, характеризующие физические свойства вещества;
3. Величины, характеризующие тепловые свойства вещества;
4. Особенности определения свойств веществ в жидком и газообразном состояниях;
5. Особенности определения свойств веществ и смесей;
6. Конденсация и испарение веществ и смесей.

Список литературы

1. 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>) – стр. 8-20;
2. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 46-52;
3. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>) – стр. 25-38.

Практическое занятие 3. Определение гидравлических сопротивлений установок и аппаратов

Цель практического занятия: изучить методику определения гидравлического сопротивления аппаратов; изучить методику определения гидравлического сопротивления систем трубопроводов.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершении беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета гидравлического сопротивления основных типов аппаратов химической технологии. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету гидравлического сопротивления аппарата. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета гидравлического сопротивления аппаратов и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета гидравлического сопротивления системы трубопроводов. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве

примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету гидравлического сопротивления системы трубопроводов. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета гидравлического сопротивления системы трубопроводов отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать гидравлическое сопротивление аппарата при заданных условиях. Незаданные параметры выбрать самостоятельно

Исходные данные:

Для дефлегматора (варианты 1 – 5)

Вариант	1	2	3	4	5
Расход паров, кг/с	0,972	0,820	0,642	0,480	0,565
Теплота конденсации смеси, кДж/кг	2252	2458	856	2160	1470
Начальная температура воды, °С	8	12	10	14	16
Конечная температура воды, °С	28	32	26	30	34

Для сушилки кипящего слоя (варианты 6 – 10)

Вариант	1	2	3	4	5
Производительность по высушенному материалу, кг/с	0,560	0,674	0,488	0,876	0,724
Плотность частиц, кг/м ³	1500	1250	1600	1140	1420
Порозность псевдооживленного слоя	0,486	0,366	0,624	0,548	0,762
Высота псевдооживленного слоя, м	0,20	0,15	0,25	0,18	0,22

Для экстракционной колонны (варианты 11 – 15)

Вариант	1	2	3	4	5
Расход исходной смеси, м ³ /ч	5,0	5,5	4,5	6,0	7,0
Расход экстрагента, м ³ /ч	10,0	11,0	9,0	12,0	14,0
Размер капель, мм	6,16	6,48	5,82	7,00	6,12
Диаметр экстрактора, м	0,5	0,6	0,4	0,7	0,8
Рабочая высота экстрактора, м	8,5	8,5	8,0	9,0	9,5

Для ректификационной колонны (варианты 16 – 20)

Вариант	1	2	3	4	5
Производительность по дистилляту, т/ч	10	8	6,5	7,2	5,6
Диаметр колонны, м	1,8	1,6	1,4	1,6	1,2
Флегмовое число	1,78	1,46	1,82	1,66	1,72
Средняя молярная масса жидкости, кг/кмоль	81,4	76,4	86,2	90,1	82,2
Молярная масса дистиллята, кг/кмоль	78	68	74	86	77
Плотность жидкости, кг/м ³	800	850	740	920	820
Поверхностное натяжение жидкости, $\cdot 10^{-3}$ Н/м	20,5	22,2	24,6	18,8	20,0

2. Рассчитать гидравлическое сопротивление системы трубопровода для перекачивания заданной жидкости с расходом V при температуре t . Длина трубопровода l , количество колен n_1 , количество нормальных вентилях n_2 , количество внезапных расширений n_3 . Концентрацию жидкости принять равной 100 %.

Исходные данные:

Вариант	жидкость	V , м ³ /ч	t , °C	l , м	n_1 , шт	n_2 , шт	n_3 , шт
1	Вода	11	39	24	8	3	3
2	Серная кислота	10	28	26	1	4	2
3	Метанол	21	43	22	5	1	4
4	Бензол	7	19	30	6	4	3
5	Диэтиловый эфир	5	23	23	8	4	1
6	Вода	22	36	19	3	2	4
7	Толуол	25	35	20	8	4	4
8	Этанол	6	18	25	1	4	3
9	Хлорбензол	18	12	10	2	1	2
10	Уксусная кислота	9	15	11	8	2	2
11	Хлороформ	15	21	18	7	1	4
12	Вода	8	13	14	1	3	3
13	Фенол	20	14	27	5	4	1
14	Этилацетат	23	42	29	1	2	2
15	Октан	12	29	16	7	4	4
16	Муравьиная кислота	19	41	15	3	2	3
17	Вода	13	25	28	8	2	2
18	Гидроксид натрия	14	44	13	2	4	1

Вариант	жидкость	V, м ³ /ч	t, °С	l, м	n ₁ , шт	n ₂ , шт	n ₃ , шт
19	Олеум, 20%	24	16	12	8	2	3
20	Вода	17	23	21	3	3	4

Вопросы для обсуждения

1. Причины возникновения гидравлических сопротивлений;
2. Гидравлические сопротивления трения;
3. Местные гидравлические сопротивления;
4. Зависимость гидравлических сопротивлений от режима движения жидкости;
5. Факторы, влияющие на гидравлические сопротивления;
6. Способы снижения гидравлических сопротивлений.

Список литературы

1. 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>) – стр. 39-47;
2. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 72-90;
3. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>) – стр. 42-58.

Практическое занятие 4. Расчет и выбор оборудования для обеспечения жидкостных и газовых потоков в установках

Цель практического занятия: изучить методику расчета и выбора насосов; изучить методику расчета и выбора компрессоров.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора насоса. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету и выбору насоса. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета и выбора насоса и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора компрессора. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету и выбору компрессора. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета и выбора компрессора и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а

полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать и выбрать насос для подачи абсорбента из абсорбера в десорбер на регенерацию, если расход абсорбента равен L , а температура t_a . Количество вентилей на нагнетающей линии равно 2; количество поворотов на нагнетающей линии составляет 1, а на всасывающей линии – 2. Диаметр абсорбера равен D , а геометрическая высота подъема жидкости составляет $h_{\text{геом}}$. Длина нагнетающей линии l_1 , всасывающей линии l_2 . Давление абсорбции P_a . Принять, что трубы стальные, бывшие в эксплуатации, с незначительной коррозией.

Исходные данные:

Вариант	L, кг/с	t _а , °C	D, м	h _{геом} , м	l ₁ , м	l ₂ , м	P _а , кПа
1	15,4	33	0,4	19	8,2	20,9	139
2	18,7	37	3,0	16	16,2	18,0	137
3	12,8	30	0,6	12	8,7	14,2	129
4	11,6	25	0,5	18	7,4	20,2	132
5	15,2	35	2,6	19	4,5	20,8	141
6	18,3	36	0,8	23	5,3	25,3	133
7	18,4	19	2,2	27	7,8	15,4	121
8	10,6	31	1,0	24	20,0	25,0	149
9	19,5	23	1,2	29	12,1	24,1	156
10	17,0	20	2,0	28	6,8	24,8	138
11	10,9	29	1,8	18	9,3	21,3	163
12	17,2	24	1,4	14	14,2	18,2	148
13	18,9	38	1,6	29	15,6	12,0	167
14	15,8	18	2,0	28	13,6	16,8	120
15	19,6	34	2,6	22	7,9	22,7	153
16	18,5	28	3,0	19	18,2	24,4	122
17	11,1	26	1,0	18	11,1	19,6	146
18	17,9	32	1,6	18	20,0	15,5	157
19	12,4	21	1,2	20	6,2	12,2	164
20	18,1	27	2,2	17	16,4	17,6	136

2. Рассчитать и выбрать компрессор для подачи газа на очистку в абсорбер диаметром D, если количество перерабатываемого газа равно V, а средняя концентрация загрязнителя равна Y_{ср}. Температура абсорбции составляет t_а. Гидравлическое сопротивление абсорбера равно ΔP_к. Длина газопровода равна l_г. На газопроводе для регулирования подачи газа установлена задвижка.

Исходные данные:

Вариант	Загрязнитель	D, м	V, м ³ /с	Y _{ср} , кмоль/кмоль газа	t _а , °C	ΔP _к , Па	l _г , м
1	этан	2,2	12,2	0,073	37	162	13
2	аммиак	1,4	6,7	0,076	33	159	28
3	ацетилен	1,6	5,1	0,055	34	129	26

Вариант	Загрязнитель	D, м	V, м ³ /с	Y _{ср} , кмоль/кмоль газа	t _a , °C	ΔP _к , Па	l _г , м
4	метан	0,4	8,5	0,084	29	158	9
5	этилен	0,8	5,5	0,040	19	161	24
6	хлористый водород	3,0	11,1	0,047	28	122	10
7	диоксид серы	2,0	5,6	0,070	38	166	14
8	бром	1,0	11,6	0,077	30	132	27
9	оксид углерода	0,5	6,8	0,080	27	137	25
10	диоксид углерода	0,6	11,2	0,075	36	151	21
11	этан	2,6	10,9	0,053	18	153	20
12	аммиак	1,2	10,0	0,067	23	134	12
13	ацетилен	1,4	5,4	0,058	24	125	22
14	метан	3,0	5,8	0,042	25	139	11
15	этилен	2,2	13,6	0,090	21	140	15
16	хлористый водород	0,8	8,8	0,074	20	168	16
17	диоксид серы	1,0	10,7	0,089	32	165	23
18	бром	1,6	7,6	0,043	22	156	19
19	оксид углерода	2,6	11,9	0,081	35	163	17
20	диоксид углерода	2,0	8,7	0,072	31	154	18

Вопросы для обсуждения

1. Области применения насосов и компрессоров;
2. Основные параметры работы насосов и компрессоров;
3. Термодинамика компрессорного процесса;
4. Классификация насосов;
5. Классификация компрессоров;
6. Типовые конструкции и принципы действия насосов и компрессоров.

Список литературы

1. 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>) – стр. 56-68;

2. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 77-92;

3. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов - М.: Издательство АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>) – стр. 36-48.

Практическое занятие 5. Расчет материального баланса процесса абсорбции

Цель практического занятия: изучить методику расчета начального и конечного составов газа и абсорбента; изучить методику расчета расхода абсорбента.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета начального и конечного составов газа и абсорбента. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету начального и конечного составов газа и абсорбента. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета начального и конечного составов газа и абсорбента и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета расхода абсорбента. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету расхода абсорбента. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета расхода абсорбента и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Определить составы газа и абсорбента на входе в абсорбер и на выходе из него. Количество очищаемого воздуха равно V . Начальные концентрации загрязнителя в воздухе и абсорбенте равны y_n и x_n . Степень извлечения загрязнителя ϵ . Абсорбция происходит при температуре t_a и давлении P_a .

Исходные данные:

Вариант	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	$y_n, \text{ масс.}\%$	$x_n, \text{ масс.}\%$	ϵ	$t_a, \text{ }^\circ\text{C}$	$P_a, \text{ кПа}$
1	12,8	5,2	0,10	0,87	32	161
2	10,1	4,7	0,22	0,85	21	137
3	11,9	4,4	0,12	0,89	28	127
4	13,7	7,5	0,17	0,86	29	140
5	12,1	7,4	0,14	0,99	36	139
6	8,0	6,0	0,00	0,90	33	148
7	9,4	5,3	0,26	0,88	34	159
8	8,9	4,1	0,16	0,95	22	157
9	9,2	7,0	0,23	0,94	25	132
10	10,3	5,7	0,15	0,92	20	129
11	9,7	4,2	0,01	0,97	38	165
12	11,1	7,6	0,09	0,91	19	134
13	8,6	5,5	0,07	0,98	26	162
14	12,0	6,7	0,18	0,96	23	150
15	9,6	5,0	0,29	0,93	18	142

Вариант	V, м ³ /с	y _н , масс. %	x _н , масс. %	ε	t _а , °С	P _а , кПа
16	10,0	7,8	0,28	0,98	35	128
17	9,1	5,9	0,20	0,92	31	144
18	13,2	4,3	0,03	0,95	30	131
19	13,4	7,7	0,02	0,96	24	149
20	8,7	4,8	0,05	0,88	37	135

Примечание: для четных вариантов загрязнитель – аммиак; для нечетных – хлористый водород.

2. По результатам решения первой задачи определить расход абсорбента с учетом степени насыщения.

Вариант	η	Вариант	η	Вариант	η	Вариант	η
1	0,94	6	0,93	11	0,76	16	0,77
2	0,95	7	0,75	12	0,83	17	0,79
3	0,85	8	0,87	13	0,80	18	0,86
4	0,82	9	0,81	14	0,89	19	0,92
5	0,84	10	0,90	15	0,91	20	0,88

Вопросы для обсуждения

1. Общие принципы абсорбции;
2. Равновесие при абсорбции.
3. Растворимость газов в жидкостях;
4. Промышленные абсорбенты;
5. Материальный баланс абсорбции;
6. Движущая сила абсорбции.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 120-136;
2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ) – стр. 5-15;

3. 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>) – стр.48-69.

Практическое занятие 6. Определение средней движущей силы абсорбции

Цель практического занятия: изучение методики расчета скорости газа и диаметра абсорбера; изучение методики определения движущей и средней движущей сил абсорбции.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета скорости газа и диаметра абсорбера. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету скорости газа и диаметра абсорбера. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета скорости газа и диаметра абсорбера и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику определения движущей и средней движущей сил абсорбции. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по определению движущей и средней движущей сил абсорбции. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики определения движущей и средней движущей сил абсорбции и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совмест-

ному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать скорость газа и диаметр абсорбера с заданными элементами насадки для очистки воздуха производительностью V при средней концентрации загрязнителя в воздухе Y_{cp} . Температура абсорбции равна t_a , а давление абсорбции – P_a .

Исходные данные:

Вариант	загрязнитель	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	$Y_{cp}, \text{ кмоль/кмоль}$ газа	$t_a, \text{ }^\circ\text{C}$	$P_a, \text{ кПа}$
1	аммиак	9,3	0,049	23	147
2	хлористый водород	12,9	0,064	34	126
3	аммиак	11,6	0,050	29	125
4	хлористый водород	13,6	0,053	37	154
5	аммиак	9,6	0,045	26	139
6	хлористый водород	8,2	0,070	28	149
7	аммиак	10,8	0,088	25	129
8	хлористый водород	12,5	0,057	27	127
9	аммиак	9,4	0,043	24	151
10	хлористый водород	9,7	0,076	18	165
11	аммиак	12,8	0,061	33	141
12	хлористый водород	13,0	0,062	31	128
13	аммиак	8,5	0,071	35	159
14	хлористый водород	12,3	0,056	30	152
15	аммиак	8,1	0,063	19	160
16	хлористый водород	10,9	0,079	20	135
17	аммиак	10,2	0,058	38	137

Вариант	загрязнитель	V , м ³ /с	Y_{cp} , кмоль/кмоль газа	t_a , °С	P_a , кПа
18	хлористый водород	8,3	0,078	22	136
19	аммиак	11,7	0,055	21	130
20	хлористый водород	13,4	0,046	36	142

Вариант	Тип насадки	Материал насадки	Размеры элемента, мм	f , м ² /м ³	$V_{св}$, м ³	$d_э$, м
1, 11	кольца Рашига (упоряд)	керамика	15 x 15 x 2	330	0,7	0,009
2, 12	кольца Палля (упоряд)	керамика	35 x 35 x 4	220	0,74	0,014
3, 13	кольца Рашига (неупоряд)	керамика	10 x 10 x 1,5	440	0,7	0,006
4, 14	кольца Палля (неупоряд)	керамика	25 x 25 x 3	220	0,74	0,014
5, 15	кольца Рашига (упоряд)	сталь	15 x 15 x 0,5	350	0,92	0,012
6, 16	кольца Палля (упоряд)	сталь	25 x 25 x 0,6	235	0,9	0,015
7, 17	кольца Рашига (неупоряд)	сталь	10 x 10 x 0,5	500	0,88	0,007
8, 18	кольца Палля (неупоряд)	сталь	15 x 15 x 0,4	380	0,9	0,010
9, 19	седла Берля	керамика	25	260	0,69	0,011
10, 20	седла «Инталлокс»	керамика	19	335	0,77	0,009

2. Рассчитать парциальное давление и равновесное парциальное давление загрязнителя в газе на входе в абсорбер и на выходе из него. Определить движущую силу в верхней и нижней частях абсорбера и среднюю движущую силу. Количество очищаемого воздуха равно V . Начальные концентрации загрязнителя в воздухе и абсорбенте равны y_n и x_n . Степень извлечения загрязнителя ϵ , степень насыщения абсорбента равна η . Абсорбция происходит при температуре t_a и давлении P_a .

Исходные данные:

Вариант	V , м ³ /с	y_n , масс. %	x_n , масс. %	ϵ	η	t_a , °С	P_a , кПа
1	8,2	6,3	0,09	0,98	0,91	30	131
2	8,5	4,5	0,18	0,86	0,83	21	135
3	11,5	4,7	0,06	0,97	0,89	25	129
4	13,1	6,0	0,26	0,89	0,82	24	163
5	11,4	6,6	0,05	0,94	0,95	18	158
6	11,1	6,1	0,21	0,93	0,84	34	132
7	9,8	7,8	0,00	0,88	0,93	32	139

Вариант	V, м ³ /с	y _н , масс. %	x _н , масс. %	ε	η	t _а , °С	P _а , кПа
8	10,1	7,5	0,03	0,85	0,78	37	136
9	10,0	5,7	0,30	0,90	0,86	27	159
10	12,1	5,1	0,01	0,96	0,81	31	140
11	9,3	6,8	0,28	0,95	0,76	26	134
12	11,9	5,6	0,12	0,92	0,85	36	125
13	8,6	5,4	0,27	0,91	0,92	38	154
14	10,2	7,7	0,17	0,87	0,75	29	127
15	9,4	7,1	0,29	0,99	0,94	35	164
16	13,0	5,2	0,14	0,96	0,90	23	153
17	12,8	7,2	0,11	0,94	0,77	28	144
18	11,0	6,4	0,22	0,98	0,88	19	151
19	13,8	4,0	0,07	0,97	0,87	20	126
20	13,6	4,2	0,13	0,88	0,79	33	150

Вопросы для обсуждения

1. Классификация абсорберов;
2. Конструкция и принцип действия насадочного абсорбера;
3. Режимы работы насадочного абсорбера;
4. Виды элементов насадки абсорберов и их особенности;
5. Равновесие при абсорбции;
6. Движущая сила при абсорбции

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 120-136;
2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ) – стр. 5-15;
3. 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>) – стр.48-69.

Практическое занятие 7. Определение коэффициента массопередачи при абсорбции

Цель практического занятия: изучить методику расчета коэффициентов диффузии и массоотдачи при абсорбции; изучить методику расчета массопередачи при абсорбции.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета коэффициентов диффузии и массоотдачи при абсорбции. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету коэффициентов диффузии и массоотдачи при абсорбции. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета коэффициентов диффузии и массоотдачи при абсорбции и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета коэффициента массопередачи при абсорбции. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом

студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету коэффициента массопередачи при абсорбции. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета коэффициента массопередачи при абсорбции и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это

позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать коэффициенты диффузии загрязнителя в воздухе и воде, а также коэффициенты массоотдачи со стороны воздуха и жидкостной пленки при абсорбции. Диаметр абсорбера равен D , температура проведения абсорбции t_a , давление в абсорбере P_a , средняя концентрация загрязнителя в воздухе Y_{cp} . Удельная поверхность насадки f , эквивалентный диаметр элемента насадки $d_э$. Незаданные параметры выбрать самостоятельно.

Исходные данные:

Вариант	Загрязнитель	D , м	t_a , °C	P_a , кПа	Y_{cp} , кмоль/кмоль газа	f , м ² /м ³	$d_э$, м
1	этан	2,2	28	139	0,071	330	0,009
2	аммиак	1,4	23	153	0,047	220	0,014
3	ацетилен	1,6	36	148	0,053	440	0,006
4	метан	0,4	29	132	0,048	220	0,014
5	этилен	0,8	37	137	0,067	350	0,012
6	хлористый водород	3,0	34	141	0,063	235	0,015
7	диоксид серы	2,0	20	129	0,072	500	0,007
8	бром	1,0	35	146	0,098	380	0,010
9	оксид углерода	0,5	24	126	0,066	260	0,011
10	диоксид углерода	0,6	33	133	0,075	335	0,009
11	этан	2,6	22	136	0,083	330	0,009
12	аммиак	1,2	19	143	0,077	220	0,014
13	ацетилен	1,4	32	150	0,080	440	0,006
14	метан	3,0	26	142	0,084	220	0,014
15	этилен	2,2	38	151	0,057	350	0,012
16	хлористый водород	0,8	31	138	0,055	235	0,015
17	диоксид серы	1,0	21	128	0,052	500	0,007
18	бром	1,6	30	127	0,065	380	0,010
19	оксид углерода	2,6	25	156	0,097	260	0,011
20	диоксид углерода	2,0	27	140	0,069	335	0,009

2. По результатам решения первой задачи рассчитать коэффициент массопередачи процесса абсорбции. Незаданные параметры выбрать самостоятельно.

Вопросы для обсуждения

1. Массоотдача и массопередача;
2. Виды диффузии;
3. Факторы, влияющие на массоперенос;
4. Массоперенос в системах со свободной границей контакта фаз;
5. Подобие массообменных процессов;
6. Виды элементов насадки абсорберов и их особенности.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 120-136;

2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ) – стр. 5-15;

3. 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>) – стр.48-69.

Практическое занятие 8. Изотермы адсорбции

Цель практического занятия: изучить методику расчета равновесных концентраций загрязнителя в адсорбенте; изучить методику определения характера изотермы адсорбции.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить

примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета равновесных концентраций загрязнителя в адсорбенте. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету равновесных концентраций загрязнителя в адсорбенте. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета равновесных концентраций загрязнителя в адсорбенте и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику определения характера изотермы адсорбции. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по определению характера изотермы адсорбции. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики определения характера изотермы адсорбции и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также

эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать равновесные концентрации загрязнителя в активном угле при проведении адсорбции при разных парциальных давлениях, если мольный объем поглощаемого компонента v , давление насыщенного пара загрязнителя $P_{\text{нас}}$, концентрация загрязнителя в газе C . Расчет провести для парциальных давлений от 0,1 до 50 мм.рт.ст.

Исходные данные:

Вариант	Марка угля	Загрязнитель	v , см ³ /моль	$P_{\text{нас}}$, кПа
1	БАУ	метанол	40,46	12,8
2	АР-А	этанол	37,27	13,3
3	АР-Б	муравьиная кислота	42,21	11,6
4	АР-В	пропан	47,93	14,0
5	АР-З	ацетон	32,27	12,0

Вариант	Марка угля	Загрязнитель	$v, \text{см}^3/\text{моль}$	$P_{\text{нас}}, \text{кПа}$
6	АГ-3	бензол	30,09	9,6
7	СКТ-3	циклогексан	30,32	9,8
8	КАД-иодный	тетрахлорид углерода	32,99	14,3
9	БАУ	пентан	46,69	10,3
10	АР-А	толуол	48,94	11,4
11	АР-Б	гептан	37,85	13,6
12	АР-В	метанол	41,05	12,3
13	АР-3	этанол	33,88	9,5
14	АГ-3	муравьиная кислота	36,33	15,6
15	СКТ-3	пропан	33,57	13,7
16	КАД-иодный	ацетон	33,17	12,2
17	БАУ	бензол	46,31	15,0
18	АР-А	циклогексан	30,28	11,0
19	АР-Б	тетрахлорид углерода	30,81	10,2
20	АР-В	пентан	48,41	11,7

Для всех вариантов:

$P, \text{Па (мм.рт.ст.)}$	$C, \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	$P, \text{Па}$	$C, \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$
13,33 (0,1)	0,175	666,67 (5,0)	8,76
26,66 (0,2)	0,351	1333,33 (10,0)	17,53
66,67 (0,5)	0,876	2666,67 (20,0)	35,10
133,33 (1,0)	1,75	3999,99 (30,0)	52,6
266,67 (2,0)	3,51	6666,66 (50,0)	87,7

2. По результатам решения первой задачи и начальной концентрации C_n загрязнителя в очищаемом воздухе определить форму начального участка изотермы адсорбции.

Исходные данные:

Вариант	$C_n, \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	Вариант	$C_n, \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	Вариант	$C_n, \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	Вариант	$C_n, \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$
1	1,80	6	0,90	11	1,94	16	1,75
2	1,46	7	0,99	12	1,91	17	2,14
3	1,57	8	1,06	13	1,92	18	1,55
4	1,13	9	1,40	14	2,05	19	2,15
5	1,74	10	1,16	15	1,07	20	2,00

Вопросы для обсуждения

1. Общие принципы адсорбции;
2. Основные промышленные адсорбенты;
3. Факторы, определяющие эффективность работы адсорбента;
4. Изотермы адсорбции;
5. Кинетика адсорбции;
6. Равновесие при адсорбции.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 137-142;
2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ) – стр. 15-24;
3. 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>) – стр.92-104.

Практическое занятие 9. Коэффициент массопередачи при адсорбции

Цель практического занятия: изучить методику расчета коэффициентов диффузии и массоотдачи при адсорбции; изучить методику расчета массопередачи при адсорбции.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета коэффициентов диффузии и массоотдачи при адсорбции. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету коэффициентов диффузии и массоотдачи при адсорбции. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета коэффициентов диффузии и массоотдачи при адсорбции и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета коэффициента массопередачи при адсорбции. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету коэффициента массопередачи при адсорбции. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета коэффициента массопередачи при адсорбции и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также

эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать коэффициенты диффузии загрязнителя в газовой фазе и адсорбенте, коэффициенты внешней и внутренней массоотдачи при адсорбции метанола из воздуха при помощи активированного угля. Начальная концентрация метанола в воздухе C_n , Равновесная концентрация в сорбенте X^* . Температура паровоздушной смеси t , давление атмосферное. Насыпная плотность адсорбента $\rho_{нас}$, эквивалентный диаметр частиц d_3 , порозность слоя ε . Коэффициент эффективной диффузии метанола в адсорбенте D_3 .

Исходные данные:

Вариант	$C_n \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	$X^* \cdot 10^{-3}$, кг/кг	t , °C	$\rho_{нас}$, кг/м ³	$d_3 \cdot 10^{-3}$, м	ε	D_3 , м ² /с
1	1,1	3,8	26	543	2,4	0,356	2,9

Вариант	$C_n \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	$X^* \cdot 10^{-3}$, кг/кг	t, °C	$\rho_{нас}$, кг/м ³	$d_p \cdot 10^{-3}$, м	ε	D_p , м ² /с
2	1,4	4,2	18	497	3,0	0,414	3,5
3	1,3	4,4	20	477	2,9	0,309	4,0
4	1,2	2,9	28	561	1,9	0,335	3,2
5	2,2	4,0	17	428	1,8	0,366	3,9
6	2,3	3,4	27	562	1,7	0,331	3,6
7	2,0	2,8	23	412	1,5	0,251	3,0
8	2,4	3,7	15	526	2,1	0,404	3,3
9	1,6	3,3	22	490	2,2	0,296	2,8
10	2,1	3,0	16	405	2,3	0,271	3,4
11	1,0	3,4	27	413	2,7	0,412	3,0
12	2,4	2,7	24	571	1,4	0,325	3,1
13	2,0	4,4	19	528	1,6	0,371	3,2
14	2,1	3,9	30	406	2,2	0,402	3,6
15	3,0	3,7	18	424	1,8	0,274	4,0
16	1,9	2,8	23	479	1,7	0,271	2,8
17	1,5	3,2	28	585	3,2	0,374	3,9
18	2,5	4,5	22	512	2,8	0,406	3,5
19	1,2	2,5	21	433	2,1	0,252	3,7
20	1,6	3,0	25	554	2,3	0,377	2,6

2. По результатам решения первой задачи рассчитать коэффициент массопередачи, коэффициент, учитывающий продольное перемешивание, удельную поверхность адсорбента и объемный коэффициент массопередачи. Незаданные параметры выбрать самостоятельно.

Вопросы для обсуждения

1. Массоотдача и массопередача;
2. Кинетика диффузии при адсорбции;
3. Коэффициенты массопередачи и объемной массопередачи;
4. Параметры, характеризующие адсорбент;
5. Равновесие при адсорбции;
6. Факторы, влияющие на интенсивность адсорбции.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 137-142;
2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ) – стр. 15-24;
3. 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>) – стр.92-104.

Практическое занятие 10. Расчет материального баланса процесса фильтрования

Цель практического занятия: изучить методику расчета материального баланса процесса фильтрования; изучить методику расчета производительности фильтра.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета материального баланса процесса фильтрования. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету материального баланса процесса фильтрования. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета материального баланса процесса фильтрования и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета производительности фильтра. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету производительности фильтра. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета производительности фильтра и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины.

Закljučаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать материальный баланс для всей системы и для твердой фазы для фильтрации суспензии асбестового шлама на барабанном вакуум-фильтре. Производительность фильтра по осадку $G_{ос}$, влажность осадка ω , содержание твердой фазы в суспензии x .

Исходные данные:

Вариант	$G_{ос}$, кг/с	ω , масс. %	x , масс. %	Вариант	$G_{ос}$, кг/с	ω , масс. %	x , масс. %
1	2,79	40	26	11	3,13	57	29
2	2,81	49	35	12	2,37	38	22
3	2,33	48	37	13	2,76	43	24
4	2,86	51	20	14	2,58	53	23
5	3,02	47	25	15	3,09	45	21
6	3,00	46	28	16	3,17	44	19
7	2,73	54	27	17	2,88	39	33
8	2,32	56	30	18	2,64	52	32
9	2,28	42	18	19	2,84	41	34
10	2,25	50	36	20	2,87	58	38

2. По результатам решения первой задачи определить производительность барабанного вакуум-фильтра по фильтрату и осадку, определить плотность влажного осадка, если плотность твердой фазы ρ_T , а плотность жидкой фазы равна 1000 кг/м^3 .

Исходные данные:

Вариант	ρ_t , кг/м ³	Вариант	ρ_t , кг/м ³	Вариант	ρ_t , кг/м ³	Вариант	ρ_t , кг/м ³
1	2520	6	2600	11	2950	16	2570
2	2240	7	2200	12	2660	17	1850
3	2650	8	2750	13	2630	18	2800
4	2680	9	2375	14	2000	19	2720
5	1870	10	2250	15	2560	20	2400

Вопросы для обсуждения

1. Физическая сущность и механизмы процесса фильтрования;
2. Движущая сила процесса фильтрования;
3. Особенности фильтрования аэрозолей и суспензий;
4. Кинетика процесса фильтрования;
5. Стадии процесса фильтрования;
6. Факторы влияющие на эффективность фильтрования.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – 82-94;
2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>) – стр. 43-46;
3. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 362 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429200>) – стр. 120-134.

Практическое занятие 11. Выбор толщины слоя осадка при фильтровании.

Энергетический расчет фильтров

Цель практического занятия: изучить методику определения толщины слоя осадка при фильтровании; изучить методику энергетического расчета фильтров.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику определения толщины слоя осадка при фильтрации. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по определению толщины слоя осадка при фильтрации. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики определения толщины слоя осадка при фильтрации и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику энергетического расчета фильтров. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по энергетическому расчету фильтров. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики энергетического расчета фильтров и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать минимальную толщину слоя при фильтровании суспензии асбестового шлама на барабанном вакуум-филт্রে. Влажность осадка составляет ω , содержание твердой фазы в суспензии x , перепад давления при фильтровании и промывке Δp , вязкость фильтрата $0,9 \cdot 10^{-3}$ Па·с, плотность фильтрата 1000 кг/м^3 , плотность твердой фазы ρ_T . Вязкость промывной жидкости $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, расход промывной жидкости m . Сопротивление фильтрующей перегородки R_p , удельное сопротивление осадка r .

Исходные данные:

Вариант	ω , масс. %	x , масс. %	Δp , кПа	ρ_T , кг/м ³	m , кг/кг осадка	$R_p \cdot 10^6$ Па·с/м	$r \cdot 10^{10}$ Па·с/м
1	40	20	80	2500	3,6	1,0	5,0
2	46	26	83	2540	4,4	1,2	4,9
3	55	29	75	2440	3,0	1,0	5,4
4	48	36	81	1900	2,7	0,8	4,4
5	36	35	78	2250	4,5	0,9	5,1
6	52	25	87	1890	2,5	1,1	5,5
7	39	19	82	1920	3,3	1,4	6,0
8	35	18	85	2150	3,4	1,6	5,8
9	47	32	71	2100	3,2	1,3	4,2
10	53	28	72	2000	2,6	1,5	4,3
11	37	33	86	2750	4,0	0,9	4,7
12	38	34	79	2590	3,8	1,5	4,0
13	41	24	73	1885	3,1	1,0	5,3
14	42	21	88	2390	4,3	1,6	5,7
15	43	37	77	2080	3,9	1,3	4,8
16	50	22	76	2200	3,7	1,2	4,6
17	44	31	89	2550	3,5	1,5	4,1
18	45	38	84	2220	4,1	1,1	5,9
19	54	30	74	2140	4,2	1,4	4,5
20	51	23	70	1865	2,8	0,8	5,2

2. Рассчитать мощность привода для обеспечения работы барабанного вакуум-филтра производительностью по осадку $G_{ос}$. Толщина слоя осадка составляет δ , частота вращения барабана n , угол зоны фильтрования 135° , плотность фильтрата 1000 кг/м^3 , плотность осадка ρ_T , влажность осадка ω . Незаданные параметры выбрать самостоятельно с обоснованием выбора.

Исходные данные:

Вариант	$G_{ос}$, кг/с	δ , $\cdot 10^{-3}$ м	n , об/мин	ρ_T , кг/м ³	ω , масс. %
1	3,60	5,4	1,2	2950	42
2	2,75	6,7	2,1	2660	48
3	3,42	6,1	2,2	2630	44
4	3,76	5,6	0,4	2000	36
5	3,64	4,7	1,4	2560	50
6	3,51	6,4	2,0	2600	37
7	3,78	5,3	0,8	2200	54
8	3,09	5,0	1,1	2750	53
9	2,90	5,7	0,7	2375	45
10	2,51	4,9	0,9	2250	35
11	2,73	5,8	1,9	2570	40
12	2,43	7,2	2,3	1850	55
13	3,15	7,0	1,0	2800	52
14	3,81	5,2	0,5	2720	38
15	3,61	6,9	1,5	2400	39
16	3,16	5,9	1,7	2520	49
17	2,65	5,5	1,8	2240	51
18	3,28	6,5	1,3	2650	41
19	3,53	6,2	1,6	2680	46
20	2,75	6,0	0,6	1870	47

Вопросы для обсуждения

1. Классификация фильтров для воды;
2. Конструкция и принцип действия барабанных вакуум-фильтров;
3. Основные показатели работы вакуум-фильтров;
4. Стадии процесса фильтрования суспензий;
5. Гидравлические сопротивления при фильтровании;
6. Мощность и полезная мощность.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – 82-94;

2. Фирсова Л.Ю. Системы защиты среды обитания. Схемы, сооружения и аппараты для очистки газовых выбросов и сточных вод: учеб. пособие - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 80 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=367411>) – стр. 28-34;

3. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 362 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429200>) – стр. 120-134.

Практическое занятие 12. Определение основных показателей адсорбции

Цель практического занятия: изучить методику расчета продолжительности адсорбции и выходной кривой; изучить методику расчета профиля концентрации в слое адсорбента.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета продолжительности адсорбции и выходной кривой. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету продолжительности адсорбции и выходной кривой. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета продолжительности адсорбции и выходной кривой и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета профиля концентрации в слое адсорбента. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету профиля концентрации в слое адсорбента. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета профиля концентрации в слое адсорбента и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать продолжительность и выходную кривую для адсорбции загрязнителя при расходе газовой смеси G , температуре паровоздушной смеси $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и начальной концентрации загрязнителя C_n . Адсорбция проводится при атмосферном давлении, эквивалентный диаметр частиц адсорбента равен d_3 , а проскоковая концентрация составляет 5 % от начальной. Незаданные параметры выбрать самостоятельно. Построить полученную кривую адсорбции.

Исходные данные:

Вариант	Марка угля	Загрязнитель	G , м ³ /ч	$C_n \cdot 10^{-3}$ кг/м ³	d_3 , мм
1	БАУ	метанол	6970	0,0866	1,5
2	АР-А	этанол	5430	0,1001	3,5
3	АР-Б	муравьиная кислота	7290	0,1170	2,0
4	АР-В	пропан	6860	0,1045	2,2
5	АР-З	ацетон	6010	0,938	1,7
6	АГ-З	бензол	7010	0,1190	2,4
7	СКТ-З	циклогексан	5170	0,0912	3,0
8	КАД-иодный	тетрахлорид углерода	6390	0,1024	3,4
9	БАУ	пентан	6900	0,1171	2,5
10	АР-А	толуол	6210	0,1020	1,8
11	АР-Б	гептан	5200	0,1034	2,9
12	АР-В	метанол	6850	0,1175	1,9
13	АР-З	этанол	5190	0,0812	1,6
14	АГ-З	муравьиная кислота	5660	0,1198	2,3

Вариант	Марка угля	Загрязнитель	G, м ³ /ч	C _н , ·10 ⁻³ кг/м ³	d _э , мм
15	СКТ-3	пропан	6160	0,0875	2,7
16	КАД-иодный	ацетон	5130	0,0894	3,2
17	БАУ	бензол	6310	0,949	3,1
18	АР-А	циклогексан	5460	0,1154	2,8
19	АР-Б	тетрахлорид углерода	5400	0,0924	3,3
20	АР-В	пентан	6440	0,0905	2,6

2. По исходным данным из первой задачи рассчитать профиль концентрации загрязнителя в адсорбенте в течении времени τ . Незаданные параметры выбрать самостоятельно. По полученным данным построить графическую зависимость профиля концентрации.

Исходные данные:

Вариант	τ , ч	Вариант	τ , ч	Вариант	τ , ч	Вариант	τ , ч
1	38	6	36	11	58	16	55
2	40	7	41	12	46	17	42
3	45	8	39	13	49	18	52
4	43	9	47	14	44	19	56
5	51	10	53	15	37	20	54

Вопросы для обсуждения

1. Основные закономерности адсорбции;
2. Кинетика адсорбции;
3. Влияние факторов на эффективность адсорбции;
4. Модель адсорбционной волны;
5. Выходная кривая адсорбции;
6. Профиль концентрации в адсорбенте.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 137-142;
2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ) – стр. 15-24;

3. 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>) – стр.92-104.

Практическое занятие 13. Расчет материального баланса процесса адсорбции

Цель практического занятия: изучить методику графического интегрирования выходной кривой и профиля концентрации в адсорбенте; изучить методику расчета состава фаз при адсорбции.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику графического интегрирования выходной кривой и профиля концентрации в адсорбенте. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по графическому интегрированию выходной кривой и профиля концентрации в адсорбенте. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики графического интегрирования выходной кривой и профиля концентрации в адсорбенте и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета состава фаз при адсорбции. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету состава фаз при адсорбции. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета состава фаз при адсорбции и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совмест-

ному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать значения интегралов уравнения материального баланса адсорбции при помощи графического интегрирования выходной кривой и профиля концентрации в адсорбенте, полученных при решении задач на практическом занятии 12.

2. По результатам решения первой задачи рассчитать количество загрязнителя, поступающего в адсорбер, поглощенного адсорбентом, уходящего из аппарата с газовой фазой и оставшегося в газовой фазе адсорбера. Для расчета количества загрязнителя, остающегося в газовой фазе адсорбера, принять, что его концентрация равна начальной.

Вопросы для обсуждения

1. Основные закономерности адсорбции;
2. Модель адсорбционной волны;
3. Кинетика адсорбции;
4. Материальный баланс адсорбции;
5. Стадии работы адсорбционной установки;
6. Циклограмма работы адсорбера.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 137-142;

2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ) – стр. 15-24;

3. 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>) – стр.92-104.

Практическое занятие 14. Определение основных размеров абсорберов и адсорберов

Цель практического занятия: изучить методику расчета диаметра и рабочей высоты насадочного абсорбера; изучить методику расчета диаметра и рабочей высоты адсорбера с неподвижным слоем.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета диаметра и рабочей высоты насадочного абсорбера. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету диаметра и рабочей высоты насадочного абсорбера. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета диаметра и рабочей высоты насадочного абсорбера и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета диаметра и рабочей высоты адсорбера с неподвижным слоем. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету диаметра и рабочей высоты адсорбера с неподвижным слоем. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета диаметра и рабочей высоты адсорбера с неподвижным слоем и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совмест-

ному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать диаметр и рабочую высоту насадочного абсорбера для очистки воздуха производительностью V , при средней концентрации загрязнителя в очищаемом воздухе $Y_{\text{ср}}$. Абсорбция проводится при температуре t_a и давлении P_a . Расход абсорбента L , средняя движущая сила $\Delta P_{\text{ср}}$. В качестве насадки используются заданные элементы. Незаданные параметры выбрать самостоятельно.

Исходные данные:

Вариант	V , м ³ /с	$Y_{\text{ср}}$, кмоль/кмоль газа	t_a , °С	P_a , кПа	L , кг/с	$\Delta P_{\text{ср}}$, кПа
1	5,6	0,049	23	147	11,8	2,67
2	5,3	0,064	34	126	13,9	2,07
3	3,9	0,050	29	125	9,9	2,31
4	5,0	0,053	37	154	14,5	2,59
5	5,9	0,045	26	139	14,1	2,62
6	3,7	0,070	28	149	11,1	2,70
7	5,7	0,088	25	129	9,6	2,01
8	3,1	0,057	27	127	13,6	2,65
9	3,0	0,043	24	151	13,3	2,38
10	4,1	0,076	18	165	11,9	2,19
11	6,0	0,061	33	141	9,8	2,85
12	4,4	0,062	31	128	9,4	2,57
13	5,3	0,071	35	159	14,1	2,90
14	4,2	0,056	30	152	11,2	2,25
15	4,0	0,063	19	160	11,5	2,88

Вариант	V , м ³ /с	$Y_{ср}$, кмоль/кмоль газа	t_a , °С	P_a , кПа	L , кг/с	$\Delta P_{ср}$, кПа
16	3,4	0,079	20	135	10,2	2,37
17	5,6	0,058	38	137	13,2	1,99
18	5,7	0,078	22	136	11,8	2,39
19	3,6	0,055	21	130	11,4	1,84
20	3,0	0,046	36	142	12,6	2,26

Примечание: для четных вариантов загрязнитель – аммиак; для нечетных – хлористый водород.

Вариант	Тип насадки	Материал насадки	Размеры элемента, мм	f , м ² /м ³	$V_{св}$, м ³	d_3 , м
1, 11	кольца Рашига (упоряд)	керамика	15 x 15 x 2	330	0,7	0,009
2, 12	кольца Палля (упоряд)	керамика	35 x 35 x 4	220	0,74	0,014
3, 13	кольца Рашига (неупоряд)	керамика	10 x 10 x 1,5	440	0,7	0,006
4, 14	кольца Палля (неупоряд)	керамика	25 x 25 x 3	220	0,74	0,014
5, 15	кольца Рашига (упоряд)	сталь	15 x 15 x 0,5	350	0,92	0,012
6, 16	кольца Палля (упоряд)	сталь	25 x 25 x 0,6	235	0,9	0,015
7, 17	кольца Рашига (неупоряд)	сталь	10 x 10 x 0,5	500	0,88	0,007
8, 18	кольца Палля (неупоряд)	сталь	15 x 15 x 0,4	380	0,9	0,010
9, 19	седла Берля	керамика	25	260	0,69	0,011
10, 20	седла «Инталлокс»	керамика	19	335	0,77	0,009

2. Рассчитать диаметр и рабочую высоту адсорбера с неподвижным слоем адсорбента для извлечения метана из водорода при давлении P и температуре 20 °С, если начальная концентрация метана $u_{нач}$, фиктивная скорость газа $w_{ф}$, продолжительность адсорбции τ , концентрация проскока $x_{кон}$, эквивалентный диаметр частиц адсорбента d_3 , насыпная плотность адсорбента $\rho_{нас}$. Незаданные параметры выбрать самостоятельно.

Исходные данные:

Вариант	P , МПа	$u_{нач} \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	$w_{ф}$, м/с	τ , с	$x_{кон}$, кг/кг	$d_3 \cdot 10^{-3}$, мм	$\rho_{нас}$, кг/м ³
1	0,9	0,0866	7,2	1819	0,6	2,2	511
2	1,0	0,1001	8,4	1606	0,55	2,4	570
3	1,3	0,1170	9,1	1458	0,85	2,9	485

Вариант	P, МПа	$u_{нач} \cdot 10^{-3}$ кг/м ³	$w_{ф}$, м/с	τ , с	$X_{кон}$, кг/кг	$d_3 \cdot 10^{-3}$, мм	$\rho_{нас}$, кг/м ³
4	1,4	0,1045	1,2	1665	1,00	3,0	480
5	0,8	0,938	1,1	1753	0,80	1,8	557
6	1,2	0,1190	1,0	1781	0,65	1,7	471
7	1,1	0,0912	7,6	1726	0,75	2,5	550
8	1,0	0,1024	9,5	1689	0,95	2,7	541
9	0,8	0,1171	8,7	1492	0,70	1,3	481
10	1,2	0,1020	9,7	1546	0,90	2,8	535
11	1,0	0,1034	9,1	1627	0,94	2,0	418
12	1,4	0,1175	9,5	1722	0,81	1,8	580
13	1,1	0,0812	6,7	1629	0,66	2,6	542
14	1,5	0,1198	3,7	1200	0,71	2,1	461
15	1,3	0,0875	2,4	1884	0,96	2,3	558
16	0,8	0,0894	2,6	1900	0,86	1,3	572
17	1,2	0,949	2,2	1624	0,72	2,5	538
18	0,9	0,1154	4,2	1857	0,67	1,6	576
19	1,3	0,0924	2,7	1379	0,54	3,0	422
20	1,5	0,0905	4,4	1584	0,77	2,7	526

Вопросы для обсуждения

1. Общие принципы расчета размеров колонных аппаратов;
2. Скорость газа и диаметр колонны
3. Классификация абсорберов;
4. Классификация адсорберов;
5. Конструкция и принцип действия насадочного абсорбера;
6. Конструкция и принцип действия адсорбера с неподвижным слоем.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – стр. 120-142;
2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ) – стр. 5-24;

3. 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>) – стр.48-69; стр.92-104.

Практическое занятие 15. Расчет и выбор вспомогательных аппаратов фильтровальных установок

Цель практического занятия: изучить методику расчета удельного расхода воздуха вакуум-насосом; изучить методику расчета и выбора ресиверов и ловушек.

План проведения занятия

Практическое занятие проводится в несколько этапов. В начале занятия проводится беседа со студентами для оценки общего уровня знаний студентов по тематике занятия и выявления вопросов, которые большинству или всем неизвестны.

Затем преподаватель консультирует студентов по вопросам, которые вызвали у них трудности и по возможности сам приводит или просит привести студентов практические примеры для лучшего усвоения тематических основ.

После проведения консультации преподаватель дает студентам возможность задать ему возникшие у них вопросы по тематике занятия. При ответах желательно также приводить примеры и по возможности давать ответить другим студентам, знающим ответ для создания активного диалога с ними.

По завершению беседы, на которую в общей сложности отводится 20 – 25 минут, преподаватель объясняет студентам методику расчета удельного расхода воздуха вакуум-насосом. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он прорешивает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету удельного расхода воздуха вакуум-насосом. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета удельного расхода воздуха вакуум-насосом и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора ресиверов и ловушек. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы. Затем преподаватель вызывает к доске одного из студентов по его желанию или по своему выбору. Этому студенту выдается задача в качестве примера, которую он решает у доски с участием остальной группы и преподавателя. При этом студенты получают начальный навык расчета по этой методике и в форме общегруппового диалога с преподавателем решают возникающие трудности.

После этого каждому студенту выдается индивидуальное задание по расчету и выбору ресиверов и ловушек. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета и выбора ресиверов и ловушек и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

Используемые технологии преподавания

При проведении данного практического занятия используются следующие технологии образования:

1. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подготовки. Также эти технологии реализуются за счет того, что задачи связаны с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на практическом занятии, и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

3. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий и проверке решения задач.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятия.

Примерные варианты заданий

Предпочтительно, чтобы каждый студент выполнял задания на практических занятиях в соответствии с выданными ему исходными данными для курсового проектирования. Это позволит ему своевременно выполнять этапы курсового проектирования и поможет оперативно решить возникающие трудности с ведущим преподавателем.

В качестве заданий для примеров или для выдачи индивидуальных заданий ведущий преподаватель может выдать следующие задачи:

1. Рассчитать удельный расход воздуха вакуум-насосом, если производительность вакуум-фильтра по фильтрату $V_{\text{ф}}$, вязкость фильтрата равна 10^{-3} Па·с, вязкость воздуха равна $18,5 \cdot 10^{-6}$ Па·с, толщина слоя осадка составляет δ , перепад давлений при просушке $\Delta p_{\text{с}}$, угол зоны фильтрования $\varphi_{\text{ф}}$, угол зоны просушки $\varphi_{\text{с}}$, частота вращения барабана фильтра n . Незаданные параметры выбрать самостоятельно.

Исходные данные:

Вариант	$V_{\text{ф}}, \cdot 10^{-3}$ $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	$\delta, \cdot 10^{-3}$ м	$\Delta p_{\text{с}}$, кПа	$\varphi_{\text{ф}}$, град	$\varphi_{\text{с}}$, град	n , об/мин
1	5,0	5,4	80	120	100	1,2
2	7,4	6,7	84	107	100	2,1
3	4,6	6,1	76	124	103	2,2
4	6,0	5,6	72	132	103	0,4
5	7,1	4,7	85	125	93	1,4
6	7,2	6,4	70	123	105	2,0
7	6,4	5,3	74	120	103	0,8
8	6,2	5,0	89	95	200	1,1
9	5,5	5,7	83	91	172	0,7
10	4,5	4,9	75	91	179	0,9
11	6,9	5,8	90	91	161	1,9
12	7,0	7,2	79	100	163	2,3
13	5,1	7,0	71	120	100	1,0
14	6,6	5,2	87	107	100	0,5
15	5,0	6,9	73	124	103	1,5
16	5,4	5,9	86	132	103	1,7
17	6,8	5,5	81	125	93	1,8
18	7,5	6,5	82	123	105	1,3
19	6,5	6,2	88	120	103	1,6
20	4,7	6,0	78	95	200	0,6

2. По результатам решения первой задачи рассчитать и выбрать ресивер и ловушку для обеспечения работы установки с вакуум-фильтром, если допустимая скорость воздуха между перегородкой и уровнем жидкости в рассматриваемых аппаратах w_B .

Исходные данные:

Вариант	w_B , м/с	Вариант	w_B , м/с	Вариант	w_B , м/с	Вариант	w_B , м/с
1	1,3	6	1,4	11	2,6	16	1,1
2	2,7	7	2,0	12	1,7	17	2,5
3	2,3	8	2,1	13	1,8	18	1,0
4	2,4	9	1,2	14	2,8	19	2,9
5	2,2	10	1,9	15	1,5	20	3,0

Вопросы для обсуждения

1. Конструкция и принцип действия установок с барабанными вакуум-фильтрами;
2. Способы создания вакуума;
3. Цикличность работы вакуум-фильтров;
4. Классификация и принцип действия насосов и воздуходувок;
5. Ресиверы для разделения воздушножидкостных сред;
6. Ловушки для капельной влаги.

Список литературы

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>) – 82-94;
2. Фирсова Л.Ю. Системы защиты среды обитания. Схемы, сооружения и аппараты для очистки газовых выбросов и сточных вод: учеб. пособие - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 80 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=367411>) – стр. 28-34;
3. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 362 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429200>) – стр. 120-134.