

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

## УТИЛИЗАЦИЯ И РЕКУПЕРАЦИЯ ОТХОДОВ

Методические указания к практическим занятиям  
по дисциплине «Утилизация и рекуперация отходов» 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 «Утилизация и рекуперация отходов» 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 «Утилизация и рекуперация отходов».

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. Определение класса опасности отходов.....	4
Практическое занятие 2. Материальные балансы образования и очистки отходов.....	8
Практическое занятие 3. Извлечение грубодисперсных примесей из сточных вод.....	13
Практическое занятие 4. Центробежное извлечение компонентов из отходов.....	17
Практическое занятие 5. Извлечение компонентов из отходов фильтрованием.....	21
Практическое занятие 6. Извлечение компонентов из отходов адсорбцией.....	26
Практическое занятие 7. Экстракция и флотация компонентов из сточных вод.....	30
Практическое занятие 8. Извлечение компонентов при мокрой очистке газов.....	35
Практическое занятие 9. Извлечение компонентов при помощи электрических методов	39
Практическое занятие 10. Рециклинг теплоты технологических процессов.....	43
Практическое занятие 11. Системы оборотного водоснабжения.....	48
Практическое занятие 12. Биохимическая утилизация сточных вод.....	52
Практическое занятие 13. Механическое обезвоживание осадков сточных вод.....	56
Практическое занятие 14. Дробление и измельчение отходов.....	61
Практическое занятие 15. Компактирование и сжигание отходов.....	65

## **Практическое занятие 1. Определение класса опасности отходов**

**Цель практического занятия:** изучение методик определения класса опасности отходов; приобретение практических навыков расчета класса опасности отходов.

### **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 расчетную методику определения класса опасности отходов по сумме показателей опасности составных веществ. 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 класса опасности отходов по сумме показателей опасности составных веществ. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета класса опасности отходов по сумме показателей опасности составных веществ и решение задач по ней отводится примерно 25 – 30 минут.

После этого преподаватель объясняет студентам расчетную методику определения класса опасности отходов на основе индекса опасности отходов. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы.

Затем преподаватель вновь 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 класса опасности отходов на основе индекса опасности отходов. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики расчета класса опасности отходов на основе индекса опасности отходов и решение задач по ней 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

1. Отход отработанного активированного угля в количестве 10 кг содержит загрязнители с заданными концентрациями  $c_i$ . Уголь подвергли обезвреживанию, при этом содержание загрязняющих веществ снизилось на  $\eta$ . Рассчитать класс опасности отхода отработанного угля до и после обезвреживания.

Исходные данные:

Вариант	Загрязнитель 1		Загрязнитель 2		Загрязнитель 3		$\eta$ , %
	вещество	$c_1$ , %	вещество	$c_2$ , %	вещество	$c_3$ , %	
1	альдрин	5,6	диоксин	7,3	кадмий	5,5	75
2	бензол	7,4	фенол	12,0	нафталин	6,6	92
3	мышьяк	9,8	хлороформ	10,5	стронций	1,4	91
4	марганец	11,2	нафталин	1,2	никель	1,5	90
5	кадмий	4,8	бензол	5,9	толуол	5,4	78
6	никель	11,5	хром	7,9	хлороформ	7,4	76
7	ртуть	10,4	линдан	8,6	бензол	8,0	81
8	толуол	4,6	цинк	3,4	марганец	8,4	77
9	свинец	1,4	фуран	7,1	ртуть	11,2	79
10	хром	1,8	альдрин	4,8	цинк	10,4	93
11	нафталин	1,3	толуол	10,2	кадмий	7,1	86
12	цинк	7,0	медь	4,0	фенол	1,9	88
13	диоксин	10,7	мышьяк	4,6	фуран	10,5	95
14	линдан	5,4	стронций	6,9	хром	10,3	82
15	стронций	3,2	кадмий	7,4	диоксин	2,0	85
16	хлороформ	11,8	ртуть	1,0	медь	9,2	89
17	фуран	8,7	фенол	1,6	свинец	9,9	87
18	диоксин	2,5	свинец	2,1	мышьяк	6,7	84
19	медь	9,3	никель	8,7	линдан	8,6	94
20	бензол	8,0	марганец	4,2	альдрин	3,2	83

2. Определить класс опасности отхода производства фторсолей, если в его состав входят сера, натрия сульфат и натрия фторид. Значение ПДК в почве для серы 160 мг/кг, для сульфат-иона - ПДК в почве серной кислоты 160 мг/кг, для фторида натрия - ПДК в почве для растворимой формы фтора 10 мг/кг. Растворимость в воде сульфата натрия в пересчете на

сульфат-ион - 35,8 г в 100 г воды, фторида натрия в пересчете на фторид-ион - 1,95 г в 100 г воды, сера в воде практически не растворима.

Вари- ант	Содержание, %			Вари- ант	Содержание, %		
	сера	сульфат- ион	Фторид- ион		сера	сульфат- ион	Фторид- ион
1	34	4,7	10,0	11	34	9,4	9,4
2	30	6,8	9,4	12	30	16,9	10,0
3	25	3,4	8,3	13	25	13,5	7,2
4	30	7,4	7,2	14	30	10,1	8,3
5	25	13,5	6,1	15	25	10,1	4,5
6	30	10,1	4,5	16	30	13,5	6,1
7	40	10,1	9,0	17	40	7,4	4,5
8	30	13,5	4,5	18	30	3,4	9,0
9	25	16,9	6,8	19	25	6,8	5,2
10	34	9,4	5,2	20	34	4,7	6,8

### Вопросы для обсуждения

1. Отходы и источники их образования;
2. Классификация отходов по различным принципам;
3. Критерии классов опасности твердых отходов для окружающей среды;
4. Нормирование уровня загрязнений окружающей среды отходами;
5. Методы расчета класса опасности отходов;
6. Экспериментальное определение класса опасности отходов.

### Список литературы

1. 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. 5-22;

2. Другов Ю.С. Родин А.А. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство - 4-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - 472 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329311.html>) – стр. 6-34;

3. Бобович Б.Б. Управление отходами: учеб. пособие / Б.Б. Бобович. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 88 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=411496>) – стр. 8-14;

4. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология отходов: учебник - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 352 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=231907>) – стр. 26-30.

## **Практическое занятие 2. Материальные балансы образования и очистки отходов**

**Цель практического занятия:** изучение общих принцип составления и расчета материальных балансов; приобретение практических навыков расчета материальных балансов химико-технологического процесса и процесса очистки сточных вод.

### **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 общие принципы составления материальных балансов химико-технологических процессов и методику их расчета с целью определения общего количества образующихся отходов и количества отходов, которые можно рециклировать. 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 химико-технологического процесса и определению по нему общего количества отходов и количества используемых отходов. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики составления и расчета материальных балансов химико-технологических процессов с целью определения общего количества отходов и количества используемых отходов, а также на решение задач по этой теме отводится примерно 25 – 30 минут.

После этого преподаватель объясняет студентам расчетную методику составления и расчета материального баланса очистки промышленных выбросов на примере сточных вод с целью определения состава очищенного выброса и количества извлеченных из него компонентов, а также определения количества компонентов, которые можно рециклировать. Во время объяснения и по его завершении студенты могут задавать преподавателю вопросы.

Затем преподаватель вновь 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 составлению и расчету материального баланса очистки сточных вод и нахождения количества извлеченных и используемых компонентов. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой.

На объяснение методики составления и расчета материальных балансов очистки сточных вод и нахождения количества извлеченных и используемых компонентов, а также на решение задач по этой теме 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

1. Составить и рассчитать материальный баланс производства изделий из пластмассы методом литья под давлением на 1000 шт готовых изделий. Масса изделия составляет  $m_{\text{изд}}$ , а нормы потерь по стадиям составляют: при растаривании  $n_1$ ; при смешении  $n_2$ ; при сушке  $n_3$ ; при литье возвратные  $n'_4$  и безвозвратные  $n_4$ ; при механической обработке возвратные  $n'_5$  и безвозвратные  $n_5$ , потери на брак  $n'_6$ . По балансу определить общее количество образующихся отходов и количество отходов, которые могут быть рекуперированы или утилизированы. Учесть количество отходов, рекуперированных в производство.

Исходные данные:

Вариант	$m_{\text{изд}}$ , г	$n_1$ , %	$n_2$ , %	$n_3$ , %	$n'_4$ , %	$n_4$ , %	$n'_5$ , %	$n_5$ , %	$n'_6$ , %
1	4	0,5	0,9	1,2	2,2	0,9	1,30	1,00	0,4
2	6	0,6	1,0	1,4	2,4	0,8	0,90	0,70	0,4
3	8	0,7	1,1	1,6	2,8	0,7	0,80	0,70	0,5
4	15	0,4	1,2	1,8	3,0	0,6	0,45	0,35	0,3
5	40	0,5	1,1	2,0	2,9	0,8	0,70	0,40	0,4
6	60	0,7	1,0	2,2	2,7	0,9	0,50	0,40	0,6
7	150	0,6	0,9	1,3	2,6	0,6	0,60	0,40	0,8
8	300	0,4	0,8	1,5	2,3	0,7	0,90	0,65	0,4

Вариант	$m_{изд}, Г$	$n_1, \%$	$n_2, \%$	$n_3, \%$	$n'_4, \%$	$n_4, \%$	$n'_5, \%$	$n_5, \%$	$n'_6, \%$
9	20	0,5	0,7	1,7	2,5	0,5	0,90	0,65	0,3
10	2	0,5	1,0	1,9	2,0	0,8	0,45	0,35	0,7
11	85	0,8	1,1	2,1	1,9	0,9	0,60	0,40	0,5
12	182	0,3	0,8	1,2	2,0	0,8	0,90	0,70	0,4
13	268	0,5	1,2	1,4	2,4	0,7	0,90	0,65	0,6
14	200	0,5	0,9	1,6	3,0	0,6	0,45	0,35	0,8
15	50	0,6	1,1	1,8	2,8	0,8	0,70	0,40	0,7
16	10	0,7	1,2	2,0	2,5	0,9	1,30	1,00	0,6
17	12	0,4	1,1	2,2	2,7	0,6	0,50	0,40	0,9
18	60	0,5	1,0	1,3	2,0	0,7	0,90	0,70	1,0
19	120	0,7	0,9	2,0	2,2	0,5	0,65	0,50	0,5
20	4	0,4	0,9	2,2	2,6	0,8	0,45	0,35	0,4

2. Составить и рассчитать материальный баланс процесса очистки на 1000 м<sup>3</sup> сточных вод, подаваемых на очистные сооружения. Степени очистки по стадиям: при усреднении и первичном осаждении  $\eta_1$  (из них используемые  $x_1$ ); при аэробной очистке  $\eta_2$ ; при вторичном осаждении и анаэробной очистке  $\eta_3$  (из них используемые  $x_3$ ); при доочистке  $\eta_4$  (из них используемые  $x_4$ ). По балансу определить общее количество извлеченных компонентов и количество компонентов, которые могут быть рекуперированы или утилизированы.

Исходные данные:

Вариант	$\eta_1, \%$	$x_1, \%$ от $\eta_1$	$\eta_2, \%$	$\eta_3, \%$	$x_3, \%$ от $\eta_3$	$\eta_4, \%$	$x_4, \%$ от $\eta_4$
1	45	50	20	25	80	10	15
2	50	42	18	27	80	12	14
3	45	48	24	21	78	6	11
4	51	43	15	26	62	8	11
5	55	55	24	24	74	6	19
6	54	48	17	21	62	11	12
7	47	46	21	30	83	7	17
8	58	53	18	20	76	8	18
9	53	51	15	20	68	7	14
10	47	44	16	29	66	9	17

Вариант	$\eta_1, \%$	$x_1, \%$ от $\eta_1$	$\eta_2, \%$	$\eta_3, \%$	$x_3, \%$ от $\eta_3$	$\eta_4, \%$	$x_4, \%$ от $\eta_4$
11	45	53	24	30	61	11	16
12	60	65	19	25	77	6	19
13	41	50	19	23	69	11	17
14	61	43	24	23	79	8	15
15	58	45	23	20	83	10	12
16	54	54	23	20	65	12	11
17	56	60	20	23	74	8	16
18	55	58	19	26	79	11	16
19	40	49	18	22	81	12	12
20	41	57	15	28	67	10	16

### Вопросы для обсуждения

1. Основные задачи и цель расчета материальных балансов;
2. Общие принципы составления материальных балансов;
3. Понятие о нормах расхода (потерь) и расходных коэффициентах;
4. Методика составления и расчета материальных балансов химико-технологических производств;
5. Методика составления и расчета материальных балансов процессов очистки сточных вод;
6. Определение величин по материальным балансам и применение их результатов.

### Список литературы

1. Бобович Б.Б. Управление отходами: учеб. пособие / Б.Б. Бобович. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 88 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=411496>) – стр. 8-14;
2. Винокуров В.Д. и др. Утилизация отходов производства: учеб. пособие; под ред. В.Д. Винокурова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 60 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703831397.html>) – стр. 5-12;
3. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология отходов: учебник - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 352 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=231907>) – стр. 6-18.

### **Практическое занятие 3. Извлечение грубодисперсных примесей из сточных вод**

**Цель практического занятия:** изучение конструкции песколовков и отстойников, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета песколовков и отстойников.

#### **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 и выбора песколовков. 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 песколовки. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившейся песколовки с соблюдением пропорциональности размеров.

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

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора отстойника. 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 отстойника. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося отстойника с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора центрифуги 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

1. Рассчитать и выбрать песколовку для извлечения твердых частиц при расходе сточной воды  $Q$ , диаметре частиц  $d_{ч}$  и гидравлической крупности частиц  $u_0$ . Глубина проточной части песколовки составляет  $h_1$ , а количество отделений  $n$ . Начертить эскиз выбранной песколовки с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$n$	$h_1$ , м	$d_{ч}$ , мкм	$u_0$ , мм/с
1	500	1	0,7	0,25	24,2
2	400	1	0,5	0,30	29,7
3	300	1	0,6	0,35	35,1
4	100	1	0,7	0,40	40,7
5	70	2	0,8	0,50	51,6
6	50	2	0,4	0,25	24,2
7	1000	2	1,0	0,30	29,7
8	700	2	0,9	0,35	35,1
9	500	1	0,8	0,40	40,7
10	400	1	0,5	0,25	24,2
11	800	1	0,8	0,30	29,7
12	300	1	0,6	0,35	35,1
13	200	2	1,0	0,45	40,7
14	100	2	0,5	0,25	51,6
15	80	2	0,4	0,15	24,2
16	400	2	0,6	0,25	29,7
17	600	1	0,9	0,40	35,1
18	800	1	0,7	0,25	40,7
19	1000	1	1,0	0,35	24,2
20	500	1	0,5	0,20	29,7

2. Рассчитать и выбрать отстойник для извлечения твердых частиц при расходе сточной воды  $Q$ , диаметре частиц  $d_{ч}$  и плотности частиц  $\rho_{ч}$ . Содержание частиц в сточной воде составляет  $c_0$ . Начертить эскиз выбранного отстойника с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$c_0$ , мг/л	$d_{ч}$ , мкм	$\rho_{ч}$ , кг/м <sup>3</sup>	тип
1	500	1000	50	1500	горизонтальный

Вариант	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$c_0$ , мг/л	$d_{ч}$ , мкм	$\rho_{ч}$ , кг/м <sup>3</sup>	тип
2	400	975	45	1550	вертикальный
3	300	950	40	1600	горизонтальный
4	100	925	35	1650	вертикальный
5	70	900	30	1700	радиальный
6	50	875	50	1750	горизонтальный
7	1000	850	45	1800	вертикальный
8	700	825	40	1850	горизонтальный
9	500	800	35	1900	вертикальный
10	400	775	30	1950	радиальный
11	800	750	50	1500	горизонтальный
12	300	725	45	1550	вертикальный
13	200	700	40	1600	горизонтальный
14	100	675	35	1650	вертикальный
15	80	650	30	1700	радиальный
16	400	625	50	1750	горизонтальный
17	600	600	45	1800	вертикальный
18	800	575	40	1850	горизонтальный
19	1000	525	35	1900	вертикальный
20	500	500	30	1950	радиальный

### Вопросы для обсуждения

1. Области применения гравитационного и инерционного осаждения;
2. Закономерности гравитационного и инерционного осаждения;
3. Классификация отстойников;
4. Конструкция и принцип действия песколовков и отстойников;
5. Методика расчета и выбора песколовков;
6. Методика расчета и выбора отстойников.

### Список литературы

1. 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. 66-70;



2. Назаров В.И. и др. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твер. отходов: Учеб. пособие - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 464с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=358007>) – стр. 54-59;

3. Пугачев Е.А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод: монография. - М.: Издательство АСВ, 2015. - 208 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937923.html>) – стр. 18-28.

#### **Практическое занятие 4. Центробежное извлечение компонентов из отходов**

**Цель практического занятия:** изучение конструкции циклонов и центрифуг, методики их выбора и расчета; приобретение практические навыки выбора и расчета циклонов и центрифуг.

#### **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 циклонов. 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 циклона. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося циклона с соблюдением пропорциональности размеров.

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

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора осадительной центрифуги. 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 центрифуги. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившейся центрифуги с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора центрифуги 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

1. Рассчитать и выбрать циклон для извлечения твердых частиц при расходе газа  $Q$  с входной концентрацией  $c_{вх}$ . Плотность твердых частиц  $\rho_{ч}$ , плотность и вязкость газа -  $\rho_{г}$  и  $\mu$ . Требуемая степень извлечения  $\eta$ . Начертить эскиз выбранного циклона с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	Тип	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$c_{вх}, \text{ г}/\text{м}^3$	$\rho_{г}, \text{ кг}/\text{м}^3$	$\rho_{ч}, \text{ кг}/\text{м}^3$	$\mu \cdot 10^6, \text{ Па} \cdot \text{с}$	$\eta$
1	ЦН-11	10	40	1,34	1930	22,2	0,95
2	ЦН-15	11	120	1,35	2230	22,1	0,65
3	ЦН-24	12	80	1,36	1650	22,0	0,75
4	СДК-ЦН-33	13	10	1,37	1700	21,9	0,95
5	СК-ЦН-34	14	20	1,38	1750	21,8	0,90
6	СК-ЦН-34м	15	40	1,39	1900	21,7	0,85
7	ЦН-11	8	150	1,33	2130	21,6	0,65
8	ЦН-15	5	80	1,32	2050	21,5	0,75
9	ЦН-24	1	40	1,31	2100	21,4	0,75
10	СДК-ЦН-33	6	60	1,30	1650	21,0	0,90
11	СК-ЦН-34	4	120	1,34	1900	21,6	0,85
12	СК-ЦН-34м	10	70	1,35	2230	21,8	0,65
13	ЦН-11	15	30	1,36	1800	22,4	0,95
14	ЦН-15	20	60	1,37	1700	22,0	0,75
15	ЦН-24	14	120	1,38	2200	21,9	0,95
16	СДК-ЦН-33	15	10	1,39	1930	21,8	0,90
17	СК-ЦН-34	11	40	1,39	2230	21,7	0,85
18	СК-ЦН-34м	5	150	1,33	1650	21,6	0,65
19	ЦН-11	1	80	1,32	1700	22,1	0,95
20	ЦН-15	8	40	1,34	1750	22,0	0,65

2. Рассчитать и выбрать центрифугу для извлечения твердых частиц при расходе сточной воды  $Q$  с концентрацией  $c_0$ . Плотность частиц составляет  $\rho_{ч}$ , а диаметр равен  $d_{ч}$ . Начертить эскиз выбранной центрифуги с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$c_0$ , мг/л	$d_{ч}$ , мкм	$\rho_{ч}$ , кг/м <sup>3</sup>
1	90	1000	9	2000
2	80	975	9	1950
3	70	950	8	1900
4	60	925	8	1850
5	50	900	7	1800
6	40	875	7	1750
7	30	850	6	1700
8	20	825	6	1650
9	10	800	5	1600
10	100	775	5	1550
11	90	750	6	1500
12	80	725	6	1550
13	70	700	7	1600
14	60	675	7	1650
15	50	650	8	1700
16	40	625	8	1750
17	30	600	9	1800
18	20	575	9	1850
19	10	525	8	1900
20	100	500	8	1950

#### Вопросы для обсуждения

1. Области применения центробежного осаждения;
2. Закономерности центробежного осаждения;
3. Конструкция и принцип действия циклонов;
4. Конструкция и принцип действия осадительных центрифуг;
5. Методика расчета и выбора циклонов;
6. Методика расчета и выбора центрифуг.

## Список литературы

1. 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. 47-49; 72-73;
2. Назаров В.И. и др. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твер. отходов: Учеб. пособие - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 464с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=358007>) – стр. 38-46; 68-70;
3. Пугачев Е.А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод: монография. - М.: Издательство АСВ, 2015. - 208 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937923.html>) – стр. 28-36; 89-97.

### Практическое занятие 5. Извлечение компонентов из отходов фильтрованием

**Цель практического занятия:** изучение конструкции газовых фильтров и фильтров для воды, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета пористого металлического и зернистого 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 расчета и выбора фильтрующего элемента с пористым металлическим фильтром для очистки газов. 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 фильтрэлемента с пористым металлическим фильтром для очистки газов. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося фильтрэлемента с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора фильтрэлемента с пористым металлическим фильтром для очистки газов и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора зернистого фильтра с восходящим потоком для воды. 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 зернистого фильтра с восходящим потоком для воды. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося зернистого фильтра с восходящим потоком для воды с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора зернистого фильтра с восходящим потоком для воды 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

1. Рассчитать параметры пористого металлического фильтра для извлечения пыли глинозема из воздуха, при нормальном атмосферном давлении ( $P_{\text{атм}} = 101,3$  кПа) и температуры воздуха  $20$  °С. Начальное сопротивление фильтра  $\Delta P_{\text{нач}} = 10$  кПа. Плотность частиц загрязнителя  $\rho_{\text{ч}} = 3900$  кг/м<sup>3</sup>. Пористость осадка  $\Pi_0 = 0,5$ . Вязкость воздуха при  $20$  °С:  $\mu = 18 \cdot 10^{-6}$  Па·с. Другие исходные данные берутся из таблицы ниже: расход воздуха  $Q$ ; концентрация пыли в воздухе  $c_{\text{вх}}$ ; требуемая тонкость очистки  $d_{\text{то абс}}$ ; наибольшее допустимое (конечное) сопротивление фильтра  $\Delta P_{\text{кон}}$ ; время непрерывной работы фильтра  $\tau$ . Начертить эскиз выбранного фильтрэлемента с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$c_{\text{вх}}, \text{ мг}/\text{м}^3$	$d_{\text{то абс}}, \text{ мкм}$	$\Delta P_{\text{кон}}, \text{ кПа}$	$\tau, \text{ ч}$	Пористый материал	Форма частиц	$\Pi$	$h, \text{ мм}$
1	150	5	5	20	50	бронза	сфера	0,33	1,0
2	160	10	4	25	45	Ст50ХГ	сфера	0,25	0,7
3	120	15	3	15	40	Ст50ХГ	80 % Сф	0,30	0,5
4	140	20	10	20	35	Ст50ХГ	20 % Сф	0,28	2,0
5	100	25	16	15	30	Ст50ХГ	Л	0,26	3,0
6	130	30	25	20	25	железо	Т	0,24	4,0
7	170	35	10	25	20	бронза	сфера	0,38	2,0

Вариант	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$c_{\text{вх}}, \text{ мг}/\text{м}^3$	$d_{\text{то абс}}, \text{ мкм}$	$\Delta P_{\text{кон}}, \text{ кПа}$	$\tau, \text{ ч}$	Пористый материал	Форма частиц	$\Pi$	$h, \text{ мм}$
8	100	40	16	15	15	Ст50ХГ	60 % Сф	0,42	3,0
9	180	45	25	20	10	Ст50ХГ	80 % Сф	0,35	4,0
10	140	40	6	20	5	бронза	сфера	0,33	0,5
11	150	35	4	15	10	Ст50ХГ	Л	0,25	1,0
12	160	30	3	25	15	Ст50ХГ	сфера	0,30	2,0
13	120	25	18	20	20	железо	Т	0,28	0,7
14	140	20	12	20	25	бронза	20 % Сф	0,26	1,0
15	100	15	10	25	30	Ст50ХГ	40 % Сф	0,24	3,0
16	130	10	16	15	35	Ст50ХГ	сфера	0,38	0,5
17	170	5	20	20	40	Ст50ХГ	Т	0,42	4,0
18	100	10	22	25	45	Ст50ХГ	Л	0,35	1,0
19	180	15	25	15	50	железо	сфера	0,33	2,0
20	140	20	4	20	45	бронза	сфера	0,25	0,7

Примечание: Л – лепестковая; Т – тарельчатая

2. Рассчитать и выбрать зернистый фильтр с восходящим потоком для извлечения твердых частиц при расходе сточной воды  $Q_p$  с концентрацией  $c$ . Засыпка фильтрующего материала состоит из двух слоев: гравия с размером частиц  $d_1$  и высотой слоя  $h_1$ ; песка с размером частиц  $d_2$  и высотой слоя  $h_2$ . Начертить эскиз выбранного фильтра с соблюдением размерных пропорций.

Вариант	$Q_p, \text{ м}^3/\text{сут}$	$c, \text{ мг}/\text{л}$	Размер зерен, мм		Высота слоя, мм	
			$d_1$	$d_2$	$h_1$	$h_2$
1	10000	10	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7
2	14000	12	10-20	1-2	0,2-0,3	1,3-1,5
3	18000	15	5-10	1-2	0,3-0,4	1,3-1,5
4	22000	18	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7
5	26000	22	10-20	1-2	0,2-0,3	1,3-1,5
6	30000	26	5-10	1-2	0,3-0,4	1,3-1,5
7	34000	30	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7
8	38000	35	10-20	1-2	0,2-0,3	1,3-1,5
9	42000	40	5-10	1-2	0,3-0,4	1,3-1,5
10	12000	14	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7



Вариант	Q <sub>p</sub> , м <sup>3</sup> /сут	с, мг/л	Размер зерен, мм		Высота слоя, мм	
			d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>
11	16000	16	10-20	1-2	0,2-0,3	1,3-1,5
12	24000	24	5-10	1-2	0,3-0,4	1,3-1,5
13	28000	32	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7
14	32000	36	10-20	1-2	0,2-0,3	1,3-1,5
15	36000	38	5-10	1-2	0,3-0,4	1,3-1,5
16	44000	42	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7
17	10000	44	10-20	1-2	0,2-0,3	1,3-1,5
18	18000	16	5-10	1-2	0,3-0,4	1,3-1,5
19	26000	28	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7
20	34000	34	10-20	1,2	0,2-0,3	1,3-1,5

### Вопросы для обсуждения

1. Области применения фильтрования;
2. Механизмы фильтрования аэрозолей и суспензий;
3. Конструкция и принцип действия металлических пористых фильтров;
4. Конструкция и принцип действия зернистых фильтров;
5. Методика расчета и выбора металлических пористых фильтров;
6. Методика расчета и выбора зернистых фильтров.

### Список литературы

1. 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. 49-50; 74;
2. Назаров В.И. и др. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твер. отходов: Учеб. пособие - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 464с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=358007>) – стр. 62-68; 72-76;
3. Пугачев Е.А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод: монография. - М.: Издательство АСВ, 2015. - 208 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937923.html>) – стр. 29-33.

## **Практическое занятие 6. Извлечение компонентов из отходов адсорбцией**

**Цель практического занятия:** изучение конструкции адсорберов с неподвижным слоем адсорбента, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета адсорберов с неподвижным слоем 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 и выбора адсорбера с неподвижным слоем адсорбента для извлечения компонентов из газовых выбросов. 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 адсорбера с неподвижным слоем адсорбента для извлечения компонентов из газовых выбросов. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося адсорбера с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора адсорбера с неподвижным слоем адсорбента для извлечения компонентов из газовых выбросов и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора адсорбера с неподвижным слоем адсорбента для извлечения компонентов из сточных вод. 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 адсорбера с неподвижным слоем адсорбента для извлечения компонентов из сточных вод. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося адсорбера с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора адсорбера с неподвижным слоем адсорбента для извлечения компонентов из сточных вод 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

1. Рассчитать параметры адсорбера с неподвижным слоем адсорбента для извлечения компонентов при расходе газа  $Q$  и мольном объеме компонента  $V_{мА}$ . Концентрация компонента в газе на входе в адсорбер  $c_0$ ; диаметр зерен адсорбента  $d_3$ , статическая поглотительная способность сорбента в рабочих условиях  $\alpha$ ; кажущаяся и насыпная плотность адсорбента  $\rho_k$  и  $\rho_n$ ; падение давления в газовом выбросе при прохождении через слой адсорбента  $\Delta P$ . Начертить эскиз выбранного адсорбера с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	Компонент	$V_{мА}, \text{ см}^3/\text{моль}$	$c_0, \text{ мг}/\text{м}^3$	$d_3, \text{ мм}$	$\rho_k, \text{ кг}/\text{м}^3$	$\rho_n, \text{ кг}/\text{м}^3$	$\alpha, \text{ кг}/\text{кг}$	$\Delta P, \text{ Па}$
1	1000	CO	30,7	60	8	750	500	0,20	3500
2	950	SO <sub>2</sub>	44,8	70	7	700	450	0,19	4000
3	1200	NO	23,6	80	10	650	400	0,18	2500
4	1100	NH <sub>3</sub>	25,8	90	9	550	350	0,17	4500
5	900	H <sub>2</sub> S	32,9	140	8	800	550	0,16	2000
6	800	Cl <sub>2</sub>	48,4	130	7	850	600	0,15	3500
7	550	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	96,0	120	5	750	500	0,19	1500
8	1200	Cl	24,6	110	10	700	450	0,17	3000
9	450	I <sub>2</sub>	71,5	100	6	650	400	0,16	2000
10	950	CO	30,7	90	8	750	500	0,18	3500
11	1200	SO <sub>2</sub>	44,8	80	7	850	600	0,20	4500
12	1100	NO	23,6	70	5	800	550	0,15	2500
13	900	NH <sub>3</sub>	25,8	60	6	700	450	0,16	3000
14	1000	H <sub>2</sub> S	32,9	120	10	600	350	0,17	4000
15	950	Cl <sub>2</sub>	48,4	140	8	650	400	0,18	3500
16	1200	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	96,0	130	6	700	450	0,19	4000
17	1100	Cl	24,6	110	8	750	500	0,20	2500
18	900	I <sub>2</sub>	71,5	90	7	800	550	0,15	4500

Вариант	Q, м <sup>3</sup> /ч	Компонент	V <sub>мА</sub> , см <sup>3</sup> /моль	c <sub>0</sub> , мг/м <sup>3</sup>	d <sub>з</sub> , мм	ρ <sub>к</sub> , кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>н</sub> , кг/м <sup>3</sup>	α, кг/кг	ΔP, Па
19	800	Cl	24,6	80	10	850	600	0,16	2000
20	550	NH <sub>3</sub>	25,8	60	9	600	350	0,17	3000

2. Рассчитать параметры адсорбера с неподвижным слоем адсорбента для извлечения цианидов при расходе сточной воды Q и концентрации цианидов c<sub>CN</sub>. Давление в адсорбере P<sub>а</sub>; допустимый расход воздуха через аэрируемый элемент Q<sub>э</sub>; число адсорберов n; время цикла извлечения τ (заполнения; извлечения, истечения); коэффициент запаса k. Начертить эскиз выбранного адсорбера с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	Q, м <sup>3</sup> /ч	c <sub>CN</sub> , кг/м <sup>3</sup>	k	τ, ч	n	P <sub>а</sub> , МПа	Q <sub>э</sub> , м <sup>3</sup> /с
1	6	0,02	1,15	0,60	1	0,15	0,0020
2	8	0,03	1,16	0,65	1	0,16	0,0025
3	10	0,04	1,17	0,70	2	0,17	0,0030
4	12	0,05	1,18	0,75	2	0,18	0,0035
5	14	0,06	1,19	0,80	2	0,19	0,0040
6	16	0,07	1,20	0,85	2	0,20	0,0045
7	18	0,08	1,15	0,90	1	0,15	0,0050
8	20	0,09	1,16	0,95	1	0,16	0,0055
9	22	0,01	1,17	1,00	2	0,17	0,0020
10	24	0,011	1,18	1,05	2	0,18	0,0025
11	26	0,012	1,19	1,10	2	0,19	0,0030
12	22	0,02	1,20	1,05	2	0,20	0,0035
13	20	0,03	1,15	1,00	1	0,15	0,0040
14	18	0,04	1,16	0,95	1	0,16	0,0045
15	16	0,05	1,17	0,85	2	0,17	0,0050
16	14	0,06	1,18	0,80	2	0,18	0,0055
17	12	0,07	1,19	0,75	2	0,19	0,0020
18	10	0,08	1,20	0,70	2	0,20	0,0025
19	8	0,09	1,15	0,65	1	0,15	0,0030
20	6	0,01	1,16	0,60	1	0,16	0,0035

### Вопросы для обсуждения

1. Области применения сорбционных процессов;
2. Особенности и закономерности адсорбции;
3. Классификация адсорберов
4. Конструкция и принцип действия адсорберов с неподвижным слоем адсорбента;
5. Методика расчета и выбора адсорберов с неподвижным слоем адсорбента для извлечения компонентов из газовых выбросов;
6. Методика расчета и выбора адсорберов с неподвижным слоем адсорбента для извлечения компонентов из сточных вод.

### Список литературы

1. 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;
2. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология отходов: учебник - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 352 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=231907>) – стр. 46-54; 68-72;
3. Винокуров В.Д. и др. Утилизация отходов производства: учеб. пособие; под ред. В.Д. Винокурова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 60 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703831397.html>) – стр. 40-46.

### Практическое занятие 7. Экстракция и флотация компонентов из сточных вод

**Цель практического занятия:** изучение конструкции вертикальных распылительных экстракторов и флотаторов-отстойников, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета вертикальных распылительных экстракторов и флотаторов-отстойников.

### 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 вертикального распылительного экстрактора. 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 вертикального распылительного экстрактора. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося экстрактора с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора вертикального распылительного экстрактора и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора флотатора-отстойника для извлечения твердых частиц из сточных вод. 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 флотатора-отстойника. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося флотатора-отстойника с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора флотатора-отстойника 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

1. Рассчитать и выбрать вертикальный распылительный экстрактор для извлечения компонента при расходе сточной воды  $Q_{св}$ , если его концентрация на входе  $c_{вх}$ , а на выходе (ПДК)  $c_{вых}$ . Коэффициент распределения составляет  $m$ , а плотность легкой фазы равна  $\rho_l$ . Начертить эскиз выбранного экстрактора с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	Компонент	Экстрагент	$\rho_l$ , кг/м <sup>3</sup>	$m$	$Q_{св}$ , м <sup>3</sup> /ч	$c_{вх}$ , мг/м <sup>3</sup>	$c_{вых}$ , мг/м <sup>3</sup>
1	$C_6H_5NH_2$	$C_7H_8$	867	19	70	2,2	0,1
2	$C_6H_5COOH$	$C_7H_8$	867	12	60	12,0	0,5



Вариант	Компонент	Экстрагент	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	m	Q <sub>св</sub> , м <sup>3</sup> /ч	C <sub>вх</sub> , мг/м <sup>3</sup>	C <sub>вых</sub> , мг/м <sup>3</sup>
3	CH <sub>2</sub> O	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	814	3	50	15,0	0,6
4	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	879	5	90	13,0	0,5
5	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	867	9	100	5,5	0,2
6	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	790	126	110	10,0	0,4
7	C <sub>7</sub> H <sub>9</sub> N	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	879	60	80	14,0	0,5
8	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	867	9	130	2,0	0,1
9	CH <sub>2</sub> ClCOOH	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	814	3,6	120	9,0	0,3
10	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	867	19	60	10,0	0,1
11	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	867	12	90	8,0	0,5
12	CH <sub>2</sub> O	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	814	3	50	4,0	0,6
13	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	879	5	70	6,0	0,5
14	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	867	9	110	2,5	0,6
15	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	790	126	90	5,0	0,2
16	C <sub>7</sub> H <sub>9</sub> N	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	879	60	60	12,5	0,4
17	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	867	9	100	15,0	0,1
18	CH <sub>2</sub> ClCOOH	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	814	3,6	130	10,0	0,3
19	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	867	19	120	8,5	0,2
20	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	867	12	70	14,0	0,5

2. Рассчитать и выбрать флотатор-отстойник для извлечения твердых частиц при расходе сточной воды Q. Общее время пребывания воды во флотаторе-отстойнике составляет  $\tau_{\text{общ}}$ , во флотационной камере  $\tau_{\text{к}}$ . Общая высота флотатор-отстойника равна  $H_{\text{общ}}$ , а флотационной камеры  $H_{\text{к}}$ . Начертить эскиз выбранного флотатора-отстойника с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	Q, м <sup>3</sup> /ч	$\tau_{\text{общ}}$ , МИН	$\tau_{\text{к}}$ , МИН	H, м	H <sub>к</sub> , м
1	100	20	5,0	3,0	1,5
2	150	15	5,5	3,5	1,5
3	200	25	6,0	4,0	2,0
4	250	22	6,5	3,0	1,5
5	300	18	7,0	3,5	1,5
6	350	20	6,5	4,0	2,0

Вариант	Q, м <sup>3</sup> /ч	τ <sub>общ</sub> , МИН	τ <sub>к</sub> , МИН	H, м	H <sub>к</sub> , м
7	400	15	6,0	3,0	1,5
8	450	25	5,5	3,5	1,5
9	500	22	5,0	4,0	2,0
10	550	18	5,5	3,0	1,5
11	600	20	6,0	3,5	1,5
12	650	15	6,5	4,0	2,0
13	700	25	7,0	3,0	1,5
14	750	22	6,5	3,5	1,5
15	800	18	6,0	4,0	2,0
16	850	20	5,5	3,0	1,5
17	900	15	6,0	3,5	1,5
18	150	25	6,5	4,0	2,0
19	400	22	7,0	3,0	1,5
20	650	18	6,5	3,5	1,5

### Вопросы для обсуждения

1. Области применения и закономерности экстракции;
2. Области применения и закономерности флотации;
3. Конструкция и принцип действия вертикального полого экстрактора;
4. Конструкция и принцип действия флотатора-отстойника;
5. Методика расчета и выбора вертикального распылительного экстрактора;
6. Методика расчета и выбора флотатора-отстойника.

### Список литературы

1. 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. 36-44; 48-51;
2. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология отходов: учебник - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 352 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=231907>) – стр. 78-83; 92-96;
3. Винокуров В.Д. и др. Утилизация отходов производства: учеб. пособие; под ред. В.Д. Винокурова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 60 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703831397.html>) – стр. 52-58.

## **Практическое занятие 8. Извлечение компонентов при мокрой очистке газов**

**Цель практического занятия:** изучение конструкции полых скрубберов и барботажных пылеуловителей, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета полых скрубберов и барботажных пылеуловителей.

### **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 полого скруббера. 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 полого скруббера. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося скруббера с соблюдением пропорциональности размеров.

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

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора барботажного пылеуловителя. 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 барботажного пылеуловителя. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося барботажного пылеуловителя с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора барботажного пылеуловителя 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

1. Рассчитать и выбрать полый скруббер для извлечения дисперсных частиц при расходе газа  $Q_{\text{газ}}$  и расходе воды  $Q$ . Скорость потока газа  $v$ , коэффициент расхода воды  $\gamma$ , а коневой угол водяного факела  $\beta$ . Перепад давления составляет  $\Delta P_{\text{ж}}$ . Начертить эскиз выбранного скруббера с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q_{\text{газ}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	$v, \text{ м/с}$	$\Delta P_{\text{ж}}, \text{ МПа}$	$\gamma$	$\beta, \text{ град}$
1	3000	30	0,50	0,50	0,86	60
2	2750	28	0,50	0,50	0,86	60
3	2500	25	0,45	0,45	0,82	62
4	2250	23	0,45	0,45	0,82	62
5	2000	20	0,40	0,40	0,80	64
6	1750	18	0,40	0,40	0,80	64
7	1700	17	0,35	0,35	0,78	66
8	1650	17	0,35	0,35	0,78	66
9	1600	16	0,30	0,30	0,76	68
10	1550	16	0,30	0,30	0,76	68
11	1500	15	0,25	0,25	0,74	70
12	1450	15	0,25	0,25	0,74	70
13	1400	14	0,20	0,20	0,72	72
14	1350	14	0,20	0,20	0,72	72
15	1300	13	0,15	0,15	0,70	74
16	1250	13	0,15	0,15	0,70	74
17	1200	12	0,15	0,15	0,68	76
18	1100	11	0,15	0,15	0,68	76
19	1000	10	0,15	0,15	0,66	78
20	500	5	0,15	0,15	0,66	78

2. Рассчитать и выбрать барботажный пеноуловитель для извлечения дисперсных частиц при расходе газа  $Q_{\text{газ}}$  и температуре  $t$ . Запыленность газа на входе в аппарат  $c_{\text{вх}}$ , степень очистки  $\eta$ , средняя скорость газа в аппарате  $\omega$ . Начертить эскиз выбранного барботажного пеноуловителя с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q_{\text{газ}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$C_{\text{вх}}, \text{ кг}/\text{м}^3$	$\eta$	$\omega, \text{ м}/\text{с}$
1	50000	80	0,10	0,99	2,3
2	45000	79	0,11	0,98	2,2
3	55000	81	0,12	0,97	2,1
4	47000	78	0,13	0,96	2,0
5	53000	82	0,14	0,95	2,3
6	42000	77	0,15	0,99	2,4
7	44000	83	0,14	0,98	2,5
8	54000	76	0,13	0,97	2,6
9	52000	84	0,12	0,96	2,7
10	47000	75	0,11	0,95	2,8
11	54000	85	0,10	0,99	2,9
12	50000	74	0,09	0,98	3,0
13	45000	86	0,08	0,97	2,9
14	55000	75	0,07	0,96	2,8
15	47000	85	0,06	0,95	2,7
16	53000	76	0,07	0,99	2,6
17	42000	84	0,08	0,98	2,5
18	44000	77	0,09	0,97	2,4
19	54000	83	0,10	0,96	2,3
20	52000	78	0,11	0,95	2,2

### Вопросы для обсуждения

1. Области применения и закономерности мокрой очистки газов;
2. Классификация скрубберов;
3. Конструкция и принцип действия полого скруббера;
4. Конструкция и принцип действия барботажного пеноуловителя;
5. Методика расчета и выбора вертикального полого скруббера;
6. Методика расчета и выбора барботажного пеноуловителя;

### Список литературы

1. 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. 51-54;

2. Назаров В.И. и др. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твер. отходов: Учеб. пособие - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 464с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=358007>) – стр. 92-98.

## **Практическое занятие 9. Извлечение компонентов при помощи электрических методов**

**Цель практического занятия:** изучение конструкции электрофильтров и электрокоагуляторов, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета электрофильтров и электрокоагуляторов.

### **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 электрофильтров различных конструкций. 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 электрофильтра. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они

решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося электрофилтра с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора электрофилтров различных конструкций и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора электрокоагулятора. 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 электрокоагулятора. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося электрокоагулятора с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора электрокоагулятора 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

1. Рассчитать и выбрать электрофильтр для извлечения дисперсных частиц при расходе газа  $Q$  и его динамической вязкости  $\mu$ . Расстояние между электродами (радиус трубы для трубчатых электрофильтров) равно  $H$  ( $R$  для трубчатых электрофильтров). Диаметр извлекаемых частиц равен  $d$ , их относительная диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon$ , а скорость газового потока  $w_r$ . Рабочее напряжение электрофильтра составляет  $U$ , а требуемая степень очистки  $\eta$ . Начертить эскиз выбранного электрофильтра с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	Тип электрофильтра	$H$ (R), мм	$U$ , кВ	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$w_r$ , м/с	$\mu \cdot 10^{-6}$ , Па·с	$d$ , мкм	$\varepsilon$	$\eta$
1	УГ (П)	137,5	35	150	0,7	22,2	30,0	4,0	0,98
2	ЭГА (П)	150	40	200	1,5	20,1	10,0	7,5	0,95
3	ЭГТ (П)	130	30	40	0,9	18,8	2,0	5,0	0,90
4	УВ (П)	137,5	35	60	1,2	17,5	1,0	15,0	0,88
5	СПМ-8	130	30	7	0,8	19,0	0,4	18,0	0,85
6	ГМЦ-20-2 (П)	137,5	35	25	1,2	23,0	2,0	2,2	0,90
7	ДМ-316 (Тр)	115	25	20	1,5	20,0	30,0	4,0	0,98
8	ШМК-4,5 (Тр)	110	25	5	1,0	17,0	2,0	5,0	0,95
9	КТ-9 (Тр)	120	25	8	1,1	18,0	1,0	15,0	0,95
10	УГ (П)	137,5	30	50	0,6	24,4	0,8	8,0	0,98
11	ЭГА (П)	130	35	80	0,7	22,0	12,5	6,0	0,98
12	ЭГТ (П)	150	40	120	1,2	20,6	18,0	12,0	0,95
13	УВ (П)	137,5	40	180	1,5	19,0	24,0	11,4	0,90
14	СПМ-8	110	30	200	0,8	18,0	30,0	4,0	0,88

Вариант	Тип электрофильтра	H (R), мм	U, кВ	Q, м <sup>3</sup> /с	w <sub>г</sub> , м/с	μ·10 <sup>-6</sup> , Па·с	d, мкм	ε	η
15	ГМЦ-20-2 (П)	130	25	150	1,0	23,7	0,8	7,5	0,85
16	ДМ-316 (Тр)	120	25	60	0,7	17,2	1,0	5,0	0,90
17	ШМК-4,5 (Тр)	115	30	40	0,9	18,8	4,0	15,0	0,98
18	КТ-9 (Тр)	137,5	35	12	1,2	21,4	6,0	18,0	0,95
19	УГ (П)	150	40	8	1,5	23,2	30,0	6,0	0,95
20	ЭГА (П)	110	25	20	1,1	19,2	2,0	12,0	0,98

Примечание: А – модифицированный; В – вертикальный; Г – горизонтальный; Д – доменный; К – кислотный; М – мокрый; П – пластинчатый; С – сажевый; Т – высокотемпературный; Тр – трубчатый; У – унифицированный; Ц – цилиндрический корпус; Ш – шестигранные электроды; Э – электрофильтр

2. Рассчитать и выбрать электрокоагулятор для извлечения компонентов при расходе сточной воды Q. Число электрокоагуляторов n; рабочая высота слоя жидкости h; высота слоя пены h<sub>1</sub>; высота бортов над уровнем пены h<sub>2</sub>; толщина электрода b; расстояние между электродами c; продолжительность работы аппарата в сутки τ<sub>общ</sub>. Начертить эскиз выбранного электрокоагулятора с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	Q, м <sup>3</sup> /ч	материал электродов	n, шт	h <sub>1</sub> , м	h <sub>2</sub> , м	b, м	c, м	τ <sub>общ</sub> , ч
1	10	сталь	2	0,05	0,20	0,005	0,010	8
2	12	алюминий	4	0,05	0,25	0,006	0,015	16
3	14	сталь	2	0,10	0,30	0,007	0,020	24
4	16	алюминий	4	0,10	0,25	0,008	0,015	8
5	18	сталь	2	0,05	0,20	0,005	0,010	16
6	20	алюминий	4	0,05	0,25	0,006	0,015	24
7	22	сталь	2	0,10	0,30	0,007	0,020	8
8	24	алюминий	4	0,10	0,25	0,008	0,015	16
9	26	сталь	2	0,05	0,20	0,005	0,010	24
10	28	алюминий	4	0,05	0,25	0,006	0,015	8
11	30	сталь	2	0,10	0,30	0,007	0,020	16
12	32	алюминий	4	0,10	0,25	0,008	0,015	24
13	34	сталь	2	0,05	0,20	0,005	0,010	8

Вариант	Q, м <sup>3</sup> /ч	материал электродов	n, шт	h <sub>1</sub> , м	h <sub>2</sub> ,	b, м	c, м	τ <sub>общ</sub> , ч
14	36	алюминий	4	0,05	0,25	0,006	0,015	16
15	38	сталь	2	0,10	0,30	0,007	0,020	24
16	40	алюминий	4	0,10	0,25	0,008	0,015	8
17	42	сталь	2	0,05	0,20	0,005	0,010	16
18	44	алюминий	4	0,05	0,25	0,006	0,015	24
19	46	сталь	2	0,10	0,30	0,007	0,020	8
20	48	алюминий	4	0,10	0,25	0,008	0,015	16

### Вопросы для обсуждения

1. Области применения и закономерности электрической очистки газов;
2. Области применения и закономерности коагуляции, особенности электрокоагуляции;
3. Конструкция и принцип действия электрофильтров;
4. Конструкция и принцип действия электрокоагулятора;
5. Методика расчета и выбора электрофильтров;
6. Методика расчета и выбора электрокоагулятора.

### Список литературы

1. 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. 54-58;
2. Назаров В.И. и др. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твер. отходов: Учеб. пособие - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 464с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=358007>) – стр. 102-104; 116-119.

### Практическое занятие 10. Рециклинг теплоты технологических процессов

**Цель практического занятия:** изучение конструкции кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников.

## 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 кожухотрубчатого теплообменника. 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 кожухотрубчатого теплообменника. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося кожухотрубчатого теплообменника с соблюдением пропорциональности размеров.

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

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора пластинчатого теплообменника. 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 пластинчатого теплообменника. В случае возникновения у одного или нескольких студентов

трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося пластинчатого теплообменника с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора пластинчатого теплообменника 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**

1. Рассчитать и выбрать кожухотрубчатый теплообменник для рекуперации теплоты водно-органических растворов. Горячий раствор в количестве  $G_1$  охлаждается от температуры  $t_{1н}$  до  $t_{1к}$ , а начальная температура холодного раствора в количестве  $G_2$  равна  $t_{2н}$ . Оба раствора – коррозионно-активные жидкости с физико-химическими свойствами, близкими к свойствам

воды. Начертить эскиз выбранного кожухотрубчатого теплообменника с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$G_1$ , кг/с	$G_2$ , кг/с	$t_{1н}$ , °C	$t_{1к}$ , °C	$t_{2н}$ , °C
1	6,0	21,8	112,5	40	20
2	6,5	26,0	114,0	45	22
3	7,0	22,4	116,6	35	25
4	7,5	29,2	118,0	50	18
5	8,0	20,0	120,0	45	20
6	8,5	30,0	122,0	55	20
7	9,0	18,6	124,4	40	24
8	9,5	22,2	126,5	60	26
9	10,0	23,2	110,6	35	20
10	10,5	19,0	108,4	65	25
11	6,0	24,6	102,2	40	20
12	6,5	20,0	112,0	35	22
13	7,0	25,5	119,0	45	25
14	7,5	27,6	102,5	50	18
15	8,0	17,9	115,0	40	20
16	8,5	21,8	120,2	55	20
17	9,0	25,2	103,5	50	24
18	9,5	26,0	114,1	60	26
19	10,0	18,2	110,2	40	20
20	10,5	18,8	118,8	35	25

2. Рассчитать и выбрать пластинчатый теплообменник для рекуперации теплоты водно-органических растворов. Горячий раствор в количестве  $G_1$  охлаждается от температуры  $t_{1н}$  до  $t_{1к}$ , а холодный раствор нагревается от  $t_{2н}$  до  $t_{2к}$ . Оба раствора – коррозионно-активные жидкости с физико-химическими свойствами, близкими к свойствам воды. Начертить эскиз выбранного пластинчатого теплообменника с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$G_1$ , кг/с	$t_{1н}$ , °C	$t_{1к}$ , °C	$t_{2н}$ , °C	$t_{2к}$ , °C
1	8,0	40	24	20	28
2	9,0	52	28	22	26

Вариант	$G_1$ , кг/с	$t_{1н}$ , °C	$t_{1к}$ , °C	$t_{2н}$ , °C	$t_{2к}$ , °C
3	10,0	62	30	25	30
4	11,0	72	34	18	32
5	12,0	82	42	20	30
6	7,5	98	56	20	36
7	9,5	102	52	24	40
8	10,5	86	42	26	34
9	12,5	54	44	20	28
10	6,0	75	46	25	30
11	8,0	84	50	20	32
12	10,0	96	56	22	34
13	12,0	43	24	25	36
14	14,0	44	20	18	22
15	16,5	56	28	20	28
16	18,0	62	32	20	30
17	6,4	70	34	24	32
18	8,2	80	38	26	34
19	10,6	50	30	20	30
20	12,2	40	20	25	28

### Вопросы для обсуждения

1. Общие принципы рециклинга теплоты технологических процессов;
2. Классификация теплообменного оборудования химико-технологических процессов;
3. Конструкция и принцип действия кожухотрубчатого теплообменника;
4. Конструкция и принцип действия пластинчатого теплообменника;
5. Методика расчета и выбора кожухотрубчатого теплообменника;
6. Методика расчета и выбора пластинчатого теплообменника.

### Список литературы

1. Бобович Б.Б. Управление отходами: учеб. пособие / Б.Б. Бобович. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 88 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=411496>) – стр. 15-19;

2. Винокуров В.Д. и др. Утилизация отходов производства: учеб. пособие; под ред. В.Д. Винокурова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 60 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703831397.html>) – стр. 8-12.

## **Практическое занятие 11. Системы оборотного водоснабжения**

**Цель практического занятия:** изучение конструкции вентиляторных градирен и чиллеров, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета вентиляторных градирен и чиллеров.

### **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 вентиляторной градирни. 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 вентиляторной градирни. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившейся вентиляторной градирни с соблюдением пропорциональности размеров.



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

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора чиллера. 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 чиллера. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося чиллера с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора чиллера 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

1. Рассчитать и выбрать вентиляторную градирню, определить количество модулей в ней при расходе воды  $G_{ж}$ . Начальная температура воды  $t_1$ , а конечная  $t_2$ . Барометрическое давление составляет  $P_б$ . Температура воздуха равна  $\vartheta$ , влажность воздуха равна  $\phi$ . Начертить эскиз выбранной градирни с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$G_{ж} \cdot 10^3$ , кг/ч	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	$P_б$ , кПа	$\vartheta$ , °C	$\phi$
1	5900	35	25	99,98	23	0,60
2	6000	36	26	99,98	24	0,62
3	5800	37	27	99,98	25	0,64
4	6100	38	28	99,98	26	0,66
5	5700	39	29	98,98	27	0,64
6	6200	40	30	98,98	23	0,62
7	5600	39	31	98,98	24	0,60
8	6300	38	30	98,98	25	0,58
9	5500	37	29	99,98	26	0,56
10	6400	36	28	99,98	27	0,60
11	5950	35	27	99,98	23	0,62
12	6050	36	26	99,98	24	0,64
13	5850	37	27	98,98	25	0,66
14	6150	38	28	98,98	26	0,64
15	5750	39	29	98,98	27	0,62
16	6250	40	29	98,98	23	0,60
17	5650	39	28	99,98	24	0,58
18	6350	38	28	99,98	25	0,56
19	5550	37	27	99,98	26	0,60
20	6450	36	25	99,98	27	0,62

2. Рассчитать и выбрать чиллер для охлаждения оборудования производительностью  $M$ , температура материала, подаваемого в него, равна  $t_{\text{наг}}$ , а температура, до которой он охлаждается  $t_{\text{охл}}$ . Температура охлаждающей воды на выходе из чиллера равна  $t_{\text{в.н}}$ , а на входе в чиллер  $t_{\text{в.к}}$ . Начертить эскиз выбранного чиллера с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$M$ , кг/ч	$t_{\text{наг}}$ , °C	$t_{\text{охл}}$ , °C	$t_{\text{в.н}}$ , °C	$t_{\text{в.к}}$ , °C
1	20	110	45	8	18
2	25	130	40	7	18
3	30	150	45	9	20
4	45	100	30	8	20
5	50	120	35	7	19
6	15	140	35	9	20
7	20	105	30	8	21
8	30	115	30	7	22
9	40	125	35	9	18
10	50	135	35	8	19
11	60	145	40	7	20
12	25	110	40	9	19
13	35	130	35	8	18
14	45	150	30	7	21
15	55	100	40	9	22
16	20	120	45	8	20
17	25	140	50	7	19
18	30	105	45	9	18
19	45	115	40	8	19
20	50	125	40	7	18

#### Вопросы для обсуждения

1. Общие принципы организации оборотного водоснабжения;
2. Классификация холодильного оборудования;
3. Конструкция и принцип действия вентиляторной градирни;
4. Конструкция и принцип действия чиллера;
5. Методика расчета и выбора вентиляторной градирни;

6. Методика расчета и выбора чиллера.

### Список литературы

1. Бобович Б.Б. Управление отходами: учеб. пособие / Б.Б. Бобович. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 88 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=411496>) – стр. 20-24;

2. Винокуров В.Д. и др. Утилизация отходов производства: учеб. пособие; под ред. В.Д. Винокурова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 60 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703831397.html>) – стр. 13-15.

### Практическое занятие 12. Биохимическая утилизация сточных вод

**Цель практического занятия:** изучение конструкции аэротенков и метантенков, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета аэротенков и метантенков.

#### 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 аэротенка. 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 азротенка. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося азротенка с соблюдением пропорциональности размеров.

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

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора метантенка. 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 метантенка. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося метантенка с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора метантенка 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

1. Рассчитать и выбрать трехкоридорный аэротенк для переработки органических примесей в активный ил при расходе сточных вод  $Q$ . БПК<sub>полн</sub> поступающей сточной и очищенной воды равны  $L_0$  и  $L_1$ . Скорость окисления примесей на 1 г сухой биомассы равна  $\rho$ ; коэффициент качества воды составляет  $n_2$ ; коэффициент, учитывающий площадь, занятую аэраторами по отношению к площади зеркала воды в аэротенке  $k_1$ ; концентрация ила в аэротенке  $a$ . Начертить эскиз выбранного аэротенка с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	Сточные воды производства	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$L_0$ , мг/л	$L_1$ , мг/л	$\rho$ , мг/(г·ч)	$n_2$	$k_1$	$a$ , г/л
1	химфармацевтика	650	150	3	10	0,25	0,25	2
2	нефтепереработка	900	1000	5	15	0,30	0,50	6
3	переработка твердых топлив	800	900	5	13	0,35	0,50	6
4	производство каучука	700	800	5	14	0,40	0,45	5
5	синтез поливинилацетата	500	700	5	16	0,30	0,40	5
6	синтез СЖК	400	600	4	12	0,35	0,35	5
7	синтез спиртов	450	500	4	11	0,35	0,30	4
8	синтез фенола	550	450	3	14	0,25	0,30	8
9	синтез анилина	600	400	3	9	0,20	0,30	3
10	химфармацевтика	850	350	4	10	0,30	0,25	2
11	нефтепереработка	750	300	4	13	0,40	0,35	4
12	переработка твердых топлив	700	250	5	15	0,45	0,45	6
13	производство каучука	600	200	5	16	0,40	0,40	8
14	синтез поливинилацетата	650	650	3	18	0,25	0,30	7

Вариант	Сточные воды производства	Q, м <sup>3</sup> /ч	L <sub>0</sub> , мг/л	L <sub>1</sub> , мг/л	ρ, мг/(г·ч)	n <sub>2</sub>	k <sub>1</sub>	a, г/л
15	синтез СЖК	900	750	3	15	0,15	0,20	5
16	синтез спиртов	800	950	4	10	0,20	0,25	3
17	синтез фенола	700	800	4	9	0,40	0,50	4
18	синтез анилина	600	600	5	13	0,40	0,50	4
19	нефтепереработка	500	400	4	11	0,35	0,45	2
20	синтез поливинилацетата	400	200	3	14	0,35	0,40	2

2. Рассчитать и выбрать метантенк для станции аэрации, обслуживающей город с населением N. Норма водоотведения q на одного человека. В городе имеется промышленное предприятие, спускающее сточные воды в городскую канализацию. Количество производственных сточных вод Q<sub>w</sub> при содержании в них взвешенных веществ C<sub>пр</sub>. Начертить эскиз выбранного метантенка с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	N·10 <sup>3</sup> , чел	q, л/сут	Q <sub>w</sub> , м <sup>3</sup> /сут	C <sub>пр</sub> , мг/л	Вариант	N·10 <sup>3</sup> , чел	q, л/сут	Q <sub>w</sub> , м <sup>3</sup> /сут	C <sub>пр</sub> , мг/л
1	200	200	5000	400	11	350	200	6000	400
2	300	150	4500	450	12	450	150	7000	500
3	400	180	5500	400	13	550	180	7500	600
4	500	220	4000	500	14	650	220	5500	450
5	600	160	6000	400	15	750	160	5000	550
6	700	200	4500	550	16	850	200	4500	650
7	800	150	6500	400	17	950	150	6000	400
8	900	180	5000	600	18	1050	180	6500	450
9	1000	220	7000	400	19	400	220	7000	500
10	250	160	5500	650	20	600	160	6000	550

### Вопросы для обсуждения

1. Общие принципы аэробной и анаэробной переработки;
2. Классификация сооружений и оборудования биохимической обработки;
3. Конструкция и принцип действия аэротенка;
4. Конструкция и принцип действия метантенка;
5. Методика расчета и выбора аэротенка;

## 6. Методика расчета и выбора метантенка.

### Список литературы

1. 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. 57-66;
2. Пугачев Е.А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод: монография. - М.: Издательство АСВ, 2015. - 208 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937923.html>) – стр. 120-136;
3. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология твердых бытовых отходов: учебник; НП "Уником Сервис". - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 400 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=229168>) – стр. 240-252.

### Практическое занятие 13. Механическое обезвоживание осадков сточных вод

**Цель практического занятия:** изучение конструкции вакуум-фильтров и фильтр-прессов, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета вакуум-фильтров и фильтр-прессов.

#### 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 барабанного вакуум-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 и выбору барабанного вакуум-фильтра. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося барабанного вакуум-фильтра с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора барабанного вакуум-фильтра и решение задач отводится примерно 25 – 30 минут.

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора фильтр-пресса ФПАКМ. 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 про 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 фильтр-пресса ФПАКМ. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося фильтр-пресса ФПАКМ с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора фильтр-пресса ФПАКМ 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

1. Рассчитать и выбрать барабанный вакуум-фильтр производительностью  $Q$  по сухому осадку гидрата закиси никеля, заданной толщине слоя 5 мм и времени просушки осадка на фильтре 1,5 мин. Давление вакуума составит  $P_{\text{вак}}$ ; масса твердого вещества, остающегося на фильтре  $s$ ; объем влажного осадка, получаемого при прохождении  $1 \text{ м}^3$  суспензии  $V_{\text{ос}}$ ; плотность и влажность осадка  $\rho_{\text{ос}}$  и  $\varphi_{\text{ос}}$ ; плотность и вязкость фильтрата  $\rho_{\text{ф}}$  и  $\mu_{\text{ф}}$  при температуре фильтрования  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ; концентрация исходной суспензии  $c_{\text{вх}}$ . Число секций фильтра равно 24, удельное сопротивление ткани  $11,43 \cdot 10^{10} \text{ м/м}^2$ , среднее удельное сопротивление осадка  $43,21 \cdot 10^{10} \text{ м/кг}$  сухого осадка, а время просушки осадка составляет 1,5 мин. Начертить эскиз выбранного вакуум-фильтра с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q$ , т/сут	$P_{\text{вак}}$ , кПа	$s$ , кг/м <sup>3</sup>	$V_{\text{ос}}$ , м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	$\rho_{\text{ос}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\varphi_{\text{ос}}$ , %	$\rho_{\text{ф}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\mu_{\text{ф}} \cdot 10^{-3}$ , Па·с	$c_{\text{вх}}$ , %
1	2,8	53,3	207,5	0,686	1220	75,2	1110	1,51	10,67
2	2,5	50,0	200,0	0,672	1146	74,4	1019	1,49	9,74
3	3,2	55,5	205,8	0,668	1225	76,6	1146	1,59	10,70
4	2,7	47,6	209,6	0,664	1270	73,5	1146	1,65	11,28
5	3,4	58,4	201,4	0,660	1272	77,7	1118	1,41	10,75
6	3,6	54,0	210,5	0,668	1139	72,2	1098	1,63	9,44

Вари-ант	Q, т/сут	P <sub>вак</sub> , кПа	c, кг/м <sup>3</sup>	V <sub>ос</sub> , м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	ρ <sub>ос</sub> , кг/м <sup>3</sup>	φ <sub>ос</sub> , %	ρ <sub>ф</sub> , кг/м <sup>3</sup>	μ <sub>ф</sub> ·10 <sup>-3</sup> , Па·с	С <sub>вх</sub> , %
7	2,6	60,2	203,8	0,672	1136	78,4	1167	1,43	9,32
8	3,8	57,7	212,6	0,686	1288	71,6	1148	1,52	9,54
9	3,9	54,2	204,7	0,692	1125	79,5	1073	1,63	10,06
10	4,0	51,8	214,6	0,682	1281	70,2	1103	1,48	10,52
11	2,8	56,2	200,4	0,677	1220	78,8	1030	1,48	10,16
12	2,5	55,2	216,8	0,670	1131	69,7	1020	1,53	11,48
13	3,2	57,5	206,7	0,662	1284	77,4	1163	1,63	10,31
14	2,7	52,0	202,2	0,686	1252	68,4	1066	1,51	11,21
15	3,4	58,4	209,5	0,690	1232	76,6	1061	1,48	10,06
16	3,6	50,2	207,2	0,684	1183	67,9	1127	1,46	11,24
17	2,6	52,4	200,2	0,674	1232	75,4	1016	1,62	9,42
18	3,8	56,3	206,8	0,664	1288	66,8	1108	1,62	9,72
19	3,9	52,2	204,4	0,686	1112	74,7	1127	1,57	9,30
20	4,0	52,2	202,0	0,672	1262	65,6	1047	1,50	9,54

2. Рассчитать и выбрать параметры работы фильтр-пресса и их количество для обработки количества Q водной суспензии, если давление p, удельное сопротивление осадка  $r_{ос}$ , плотность фильтруемой водной суспензии  $\rho_f$ , плотность сухого осадка  $\rho_{ос}$ , концентрация сухого вещества в водной суспензии  $c_1$  и в осадке  $c_2$ , начальная концентрация растворимого вещества в промывной жидкости  $\beta_n$  и конечная  $\beta_k$ , константа промывки  $k_{пр} = 3$ , сопротивление фильтрующей перегородки  $R = 1,065 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-1}$ , площадь поверхности фильтрования  $F_f = 50 \text{ м}^2$ , число одновременно промываемых слоев осадка  $n_c = 2$ , вспомогательное время  $\tau_{всп} = 0,5 \text{ ч}$ , а динамический коэффициент вязкости фильтруемой воды  $\mu = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Начертить эскиз выбранного фильтр-пресса с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вари-ант	Q, м <sup>3</sup> /ч	p, кПа	$r_{ос} \cdot 10^{12}$ , м/кг	ρ <sub>ф</sub> , кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>ос</sub> , кг/м <sup>3</sup>	c <sub>1</sub> , кг/кг	c <sub>2</sub> , кг/кг	β <sub>н</sub> , %	β <sub>к</sub> , %
1	4,0	35	0,9	1050	2500	0,22	0,878	5	0,1
2	4,4	39	1,1	972	2104	0,15	0,864	5	0,2
3	4,8	38	1,2	1067	2268	0,22	0,888	9	0,4
4	5,5	26	1,4	931	2272	0,29	0,892	7	0,4
5	8,0	25	0,9	1063	2498	0,18	0,864	9	0,2

Вариант	Q, м <sup>3</sup> /ч	p, кПа	$r_{ос} \cdot 10^{12}$ , м/кг	$\rho_f$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{ос}$ , кг/м <sup>3</sup>	c <sub>1</sub> , кг/кг	c <sub>2</sub> , кг/кг	$\beta_n$ , %	$\beta_k$ , %
6	8,0	31	1,0	1003	2340	0,30	0,872	7	0,3
7	7,8	34	1,0	923	2278	0,28	0,887	7	0,2
8	5,9	31	1,3	1047	2192	0,20	0,853	8	0,2
9	6,6	42	1,0	945	2237	0,25	0,874	9	0,3
10	5,9	34	0,8	1074	2402	0,16	0,860	6	0,2
11	4,1	45	0,7	918	2280	0,24	0,859	5	0,1
12	3,3	27	1,4	922	2239	0,15	0,881	6	0,4
13	4,6	26	1,1	920	2472	0,29	0,874	6	0,1
14	5,8	38	0,8	959	2321	0,24	0,853	7	0,4
15	5,9	38	0,7	924	2371	0,17	0,884	8	0,2
16	3,7	34	1,2	1042	2422	0,29	0,890	8	0,3
17	5,5	44	1,1	1028	2011	0,26	0,879	4	0,2
18	7,3	43	0,8	948	2279	0,30	0,885	6	0,2
19	5,0	25	1,4	975	2413	0,30	0,862	6	0,3
20	7,7	33	1,4	1018	2083	0,16	0,870	5	0,4

### Вопросы для обсуждения

1. Технология обработки осадков сточных вод;
2. Основные закономерности механического обезвоживания осадков;
3. Конструкция и принцип действия барабанного вакуум-фильтра;
4. Конструкция и принцип действия фильтр-пресса ФПАКМ;
5. Методика расчета и выбора барабанного вакуум-фильтра;
6. Методика расчета и выбора фильтр-пресса ФПАКМ;

### Список литературы

1. Пугачев Е.А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод: монография. - М.: Издательство АСВ, 2015. - 208 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937923.html>) – стр. 144-156;
2. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология отходов: учебник - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 352 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=231907>) – стр. 215-224;

4. Винокуров В.Д. и др. Утилизация отходов производства: учеб. пособие; под ред. В.Д. Винокурова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 60 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703831397.html>) – стр. 30-34.

#### **Практическое занятие 14. Дробление и измельчение отходов**

**Цель практического занятия:** изучение конструкции роторных дробилок и шаровых мельниц, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета роторных дробилок и шаровых мельниц.

#### **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 роторной дробилки. 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 роторной дробилки. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившейся роторной дробилки с соблюдением пропорциональности размеров.

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

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора шаровой мельницы. 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 шаровой мельницы. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившейся шаровой мельницы с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора шаровой мельницы 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

1. Рассчитать и выбрать частоту вращения и мощность роторной дробилки для измельчения отходов производства изделий из пластмасс количеством  $Q$ . Длина ротора  $L$ , диаметр ротора  $D$ . Объемная масса измельчаемого материала  $\rho$ . Начертить эскиз выбранной роторной дробилки с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q$ , т/ч	$L$ , м	$D$ , м	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Вариант	$Q$ , т/ч	$L$ , м	$D$ , м	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
1	0,5	0,91	0,25	0,5	11	1,5	0,91	0,25	0,5
2	0,3	1,02	0,28	0,55	12	1,3	1,02	0,28	0,55
3	0,4	1,2	0,35	0,4	13	1,0	1,2	0,35	0,4
4	1,0	1,7	0,42	0,63	14	0,3	1,7	0,42	0,63
5	1,0	1,88	0,5	0,65	15	0,3	1,88	0,5	0,65
6	1,4	1,88	0,5	0,75	16	0,3	1,88	0,5	0,75
7	0,7	1,2	0,35	0,60	17	0,9	1,2	0,35	0,60
8	1,0	1,7	0,42	0,73	18	0,8	1,7	0,42	0,73
9	1,5	1,88	0,5	0,72	19	0,1	1,88	0,5	0,72
10	0,3	1,2	0,35	0,85	20	0,5	1,2	0,35	0,85

2. Рассчитать и выбрать шаровую мельницу, частоту вращения, размер шаров и мощность для измельчения отходов производства строительных материалов количеством  $Q$ . Размер кусков отходов до измельчения  $d_n$ , после измельчения  $d_k$ , внутренний диаметр барабана мельницы  $D$ , масса шаров  $m_{ш}$ . Начертить эскиз выбранной шаровой мельницы с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q$ , т/ч	$d_n$ , мм	$d_k$ , мм	$D$ , м	$m_{ш}$ , т
1	0,5	25	0,200	0,50	0,10
2	0,8	19	0,150	0,60	0,15
3	0,7	12	0,075	0,60	0,20
4	0,9	6	0,180	0,80	0,30
5	0,6	20	0,090	0,80	0,20

Вариант	Q, т/ч	d <sub>н</sub> , мм	d <sub>к</sub> , мм	D, м	m <sub>ш</sub> , т
6	1,2	18	0,130	1,15	0,80
7	0,9	8	0,150	1,55	0,65
8	1,2	6	0,100	2,10	0,50
9	1,2	14	0,190	2,40	0,45
10	1,6	15	0,155	0,50	0,80
11	1,4	5	0,145	0,50	0,65
12	1,5	24	0,080	0,60	0,75
13	2,2	20	0,095	0,60	0,95
14	0,9	12	0,174	0,80	0,35
15	1,3	14	0,180	0,80	0,50
16	1,0	16	0,090	1,15	0,25
17	1,4	8	0,130	1,55	0,45
18	2,6	22	0,150	2,10	0,90
19	2,1	23	0,092	2,40	0,65
20	1,0	6	0,188	0,50	0,30

### Вопросы для обсуждения

1. Основные закономерности дробления и измельчения отходов;
2. Классификация дробилок и мельниц;
3. Конструкция и принцип действия роторной дробилки;
4. Конструкция и принцип действия шаровой мельницы;
5. Методика расчета и выбора роторной дробилки;
6. Методика расчета и выбора шаровой мельницы.

### Список литературы

1. Назаров В.И. и др. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твер. отходов: Учеб. пособие - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 464с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=358007>) – стр. 220-234;
2. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология твердых бытовых отходов: учебник; НП "Уником Сервис". - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 400 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=229168>) – стр. 188-196;
3. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология отходов: учебник - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 352 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=231907>) – стр. 72-82.



## **Практическое занятие 15. Компактирование и сжигание отходов**

**Цель практического занятия:** изучение конструкции брикетировочных прессов и слоевых топок, методики их выбора и расчета; приобретение практических навыков выбора и расчета брикетировочных прессов и слоевых топок.

### **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 брикетировочного пресса. 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 брикетировочного пресса. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившегося брикетировочного пресса с соблюдением пропорциональности размеров.

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

По завершении преподаватель объясняет студентам методику расчета и выбора слоевой топки. 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 слоевой топки. В случае возникновения у одного или нескольких студентов трудностей, они решаются совместно с преподавателем и остальной группой. При этом каждый студент должен изобразить схему получившейся слоевой топки с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора слоевой топки 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

1. Рассчитать и выбрать гидравлический пресс для брикетирования древесных отходов количеством  $Q$ . Отходы формуются в брикеты длиной  $a$  и шириной  $b$ . Цикл прессования составляет  $\tau_{ц}$ , гнездность пресс-формы для брикетирования  $n$ . Начертить эскиз выбранного брикетировочного пресса с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$Q$ , кг/ч	$a$ , мм	$b$ , мм	$\tau_{ц}$ , с	$n$ , шт
1	300	100	160	64	2
2	400	80	90	56	4
3	250	200	220	90	1
4	500	120	120	75	2
5	350	100	100	62	2
6	450	100	120	58	2
7	200	80	100	54	4
8	550	100	150	60	2
9	600	120	150	62	2
10	300	150	200	68	2
11	300	80	120	82	4
12	400	90	150	70	4
13	250	100	160	64	2
14	500	200	200	84	1
15	350	120	180	80	4
16	450	150	120	76	4
17	200	80	90	60	4
18	550	100	160	64	2
19	600	80	110	60	4
20	300	120	110	68	2

2. Рассчитать геометрические параметры слоевой топки и камеры догорания для сжигания твердых отходов, создающей теплоту  $Q_T$  для обеспечения работы парового котла производительностью  $Q$ . Удельный теплосъем с  $1 \text{ м}^2$  колосниковой решетки  $q_R$ ; Принять тепловое напряжение равным  $q_V = 106 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч}$  и среднюю высоту камеры догорания  $h_K = 1,6 \text{ м}$ ; шаг труб бокового экрана  $S_1 = 0,08 \text{ м}$ ; поперечный шаг труб первого ряда кипяточного пучка  $S_2 = 0,11 \text{ м}$ ; угловой коэффициент экрана  $\chi = 0,78$ . Начертить эскиз выбранной слоевой топки с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	Q, кг/ч	Q, кДж/ч	q <sub>р</sub> , кДж/м <sup>2</sup> ·ч	Вариант	Q, кг/ч	Q, кДж/ч	q <sub>р</sub> , кДж/м <sup>2</sup> ·ч
1	9000	400	3,3	11	10000	550	3,4
2	6000	320	3,5	12	7000	380	3,3
3	9000	450	3,7	13	2000	190	3,3
4	4000	250	3,5	14	9000	540	3,3
5	2000	220	3,3	15	12000	640	3,4
6	11000	620	3,3	16	10000	570	3,5
7	11000	580	3,3	17	1000	160	3,6
8	2000	210	3,5	18	5000	300	3,3
9	3000	260	3,6	19	1000	150	3,6
10	2000	230	3,3	20	4000	290	3,3

#### Вопросы для обсуждения

1. Основные виды и закономерности компактирования отходов;
2. Классификация мусоросжигающих топок и печей;
3. Конструкция и принцип действия брикетировочного пресса;
4. Конструкция и принцип действия слоевой топки;
5. Методика расчета и выбора брикетировочного пресса;
6. Методика расчета и выбора слоевой топки.

#### Список литературы

1. Назаров В.И. и др. Переработка и утилизация дисперсных материалов и тверд. отходов: Учеб. пособие - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 464с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=358007>) – стр. 240-272;
2. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология твердых бытовых отходов: учебник; НП "Уником Сервис". - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 400 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=229168>) – стр. 210-228; 242-258;
3. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология отходов: учебник - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 352 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=231907>) – стр. 88-96.