

**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 архитектуры, строительства и энергетики

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 18.03.01 – Химическая технология

---

Владимир – 2016 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 18.03.01. «Химическая технология» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ОПОП направления 18.03.01. «Химическая технология», рабочей программы дисциплины «Утилизация и рекуперация отходов».

Рассмотрены и одобрены на  
заседании УМК направления  
18.03.01 «Химическая технология»  
Протокол №1 от 05.09.2016 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. Системы оборотного водоснабжения.....	13
Практическое занятие 4. Биохимическая утилизация сточных вод.....	17
Практическое занятие 5. Механическое обезвоживание осадков сточных вод.....	21
Практическое занятие 6. Дробление и измельчение отходов.....	25
Практическое занятие 7. Компактирование и сжигание отходов.....	29

## **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.

Исходные данные:

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. Системы обратного 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  $t_{наг}$ , а температура, до которой он охлаждается  $t_{охл}$ . Температура охлаждающей воды на выходе из чиллера равна  $t_{в,н}$ , а на входе в чиллер  $t_{в,к}$ . Начертить эскиз выбранного чиллера с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	M, кг/ч	t <sub>наг</sub> , °C	t <sub>охл</sub> , °C	t <sub>в.н</sub> , °C	t <sub>в.к</sub> , °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 4. 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 аэротенка. 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 аэротенка с соблюдением пропорциональности размеров.

На объяснение методики расчета и выбора аэротенка 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, 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 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
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  $Q_w$  при содержании в них взвешенных веществ  $C_{пр}$ . Начертить эскиз выбранного метантенка с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	$N \cdot 10^3$ , чел	$q$ , л/сут	$Q_w$ , м <sup>3</sup> /сут	$C_{пр}$ , мг/л	Вариант	$N \cdot 10^3$ , чел	$q$ , л/сут	$Q_w$ , м <sup>3</sup> /сут	$C_{пр}$ , 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 5. 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 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
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

Вариант	Q, т/сут	P <sub>вак</sub> , кПа	c <sub>1</sub> , 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	c <sub>вх</sub> , %
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<sub>ос</sub>, плотность фильтруемой водной суспензии ρ<sub>ф</sub>, плотность сухого осадка ρ<sub>ос</sub>, концентрация сухого вещества в водной суспензии c<sub>1</sub> и в осадке c<sub>2</sub>, начальная концентрация растворимого вещества в промывной жидкости β<sub>н</sub> и конечная β<sub>к</sub>, константа промывки k<sub>пр</sub> = 3, сопротивление фильтрующей перегородки R=1,065·10<sup>10</sup> м<sup>-1</sup>, площадь поверхности фильтрования F<sub>ф</sub> =50 м<sup>2</sup>, число одновременно промываемых слоев осадка n<sub>с</sub> = 2, вспомогательное время τ<sub>всп</sub> = 0,5 ч, а динамический коэффициент вязкости фильтруемой воды μ = 1,25·10<sup>-3</sup> Па·с. Начертить эскиз выбранного фильтр-пресса с соблюдением размерных пропорций.

Исходные данные:

Вариант	Q, м <sup>3</sup> /ч	p, кПа	r <sub>ос</sub> · 10 <sup>12</sup> , 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
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



Вариант	Q, м <sup>3</sup> /ч	p, кПа	$\rho_{ос} \cdot 10^{12}$ , м/кг	$\rho_{ф}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{ос}$ , кг/м <sup>3</sup>	c <sub>1</sub> , кг/кг	c <sub>2</sub> , кг/кг	$\beta_n$ , %	$\beta_k$ , %
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 6. 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 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 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, 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 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
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

Вариант	Q, т/ч	d <sub>н</sub> , мм	d <sub>к</sub> , мм	D, м	m <sub>ш</sub> , т
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 7. 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 топki. 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 топki. 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 формуруются 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, создающем 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	$q_R$ , кДж/м <sup>2</sup> ·ч	Вариант	Q, кг/ч	Q, кДж/ч	$q_R$ , кДж/м <sup>2</sup> ·ч
1	9000	400	3,3	11	10000	550	3,4



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
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 твер. 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.