

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 12.09.2023 12:01:55

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafd1228361b214bf5244c07571a86865a5825f9c43604c

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГРОЗНЕСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

имени академика М.Д. Миллионщикова



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Механическое оборудование предприятий строительной индустрии»

Направление подготовки

08.03.01 Строительство

Направленность (профиль)

«Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Год начала подготовки

2023

Квалификация

бакалавр

Грозный - 2023

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» является формирование у обучающихся компетенций в области принципов работы и подбора механического оборудования для технологических линий по производству строительной продукции различного функционального назначения.

Задачами освоения дисциплины являются:

- приобретение студентами знаний о назначении, областях применения, устройстве механического оборудования в технологических и рабочих процессах на предприятиях строительной индустрии;

- изучение методов определения основных параметров, в частности, производительности применяемых в строительной индустрии оборудования, средств механизации и автоматизации строительных и технологических процессов.

- ознакомление студентов с российскими национальными и международными стандартами в данной области.

2. Место дисциплины структуре образовательной программы

Дисциплина «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» является основной в формировании специалистов по технологии для производства строительных материалов и дает им подготовку для проектной и научной работы и работы по эксплуатации этого оборудования. В свою очередь, данная дисциплина, помимо самостоятельного значения, является предшествующей для следующих дисциплин: строительные материалы и изделия, материаловедение, основы строительных конструкций; последующей для следующих дисциплин: проектирование строительных материалов и изделий, технологии отделочных и изоляционных материалов, теплотехническое оборудование предприятий строительной индустрии.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональных компетенций и индикаторов их достижений:

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
Профессиональные		
ПК-1. Способность выполнять работы по проектированию технологических линий производства строительных материалов, изделий и конструкций	ПК-1.4. Выбор и расчет цикла работы технологической линии по производству строительного материала (изделия или конструкции) ПК-1.5. Выбор и расчет технологического оборудования производства строительного материала (изделия или конструкции)	знать: - составление предложений по корректировке рецептуры с учетом достижений в сфере производства строительных материалов, изделий и конструкций;

		<p>- оценивать технико-экономические показатели разработанного состава (рецептуры) строительного материала.</p> <p>уметь:</p> <p>- оценивать возможности протекания химической реакции при заданных условиях;</p> <p>- выбирать сырьевые материалы (компоненты) в соответствии с техническим заданием.</p> <p>владеть:</p> <p>- основами расчета и корректировки состава (рецептуры) строительного материала.</p>
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов/зач.ед.		Семестры	
	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО
Контактная работа(всего)	45/1,25	48/1,34	5	8
В том числе:				
Лекции	30/0,83	16/0,45	30/0,83	16/0,45
Практические занятия	15/0,41	32/0,9	15/0,41	32/0,9
Лабораторные занятия				
Самостоятельная работа (всего)	135/3,3	132/3,7	135/3,3	132/3,7
В том числе:				
Рефераты				
Доклады	36/1,0	36/1,0	36/1,0	36/1,0
Презентации	36/1,0	36/1,0	36/1,0	36/1,0
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы</i>	<i>63/1,75</i>	<i>60/1,67</i>	<i>63/1,75</i>	<i>60/1,67</i>
Подготовка к лабораторным работам				
Подготовка к практическим занятиям	30/0,83	30/0,84	30/0,83	30/0,84
Подготовка к экзамену	33/0,92	30/0,84	33/0,92	30/0,84
Вид отчетности	экз.	экз.	экз.	экз.
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	180	180	180
	ВСЕГО в зач./ед.	5	5	5

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Часы лекционных занятий	Часы лабораторных занятий	Часы практических (сем. Занятий)	Всего часов
5 семестр (ОФО)					
1	Состояние и тенденции развития машин и оборудования для производства	2		1	3

2	Транспортирующие и грузоподъемные машины	4		2	6
3	Оборудование для грубого и тонкого измельчения материалов	4		2	6
4	Оборудование для обогащения и сортировки материалов	4		2	6
5	Оборудование для дозирования материалов	4		2	6
6	Оборудование для смешивания материалов	4		2	6
7	Оборудование для обеспыливания и газоочистки	4		2	6
8	Оборудование для транспортирования и укладки бетонной смеси	4		2	6
		30	0	15	45

5.2. Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
5 семестр		
1	Состояние и тенденции развития машин и оборудования для производства	Требования, предъявляемые к машинам и оборудованию для производства. Классификация и индексация оборудования и строительных машин
2	Транспортирующие и грузоподъемные машины	Оборудование для транспортирования материалов. Транспортирующие машины с тяговым элементом. Транспортирующие машины без тягового элемента.

3	Оборудование для грубого и тонкого измельчения материалов	Дробилки. Щековые дробилки. Конусные дробилки. Дробилки ударного действия. Валковые дробилки. Молотковая самоочищающаяся дробилка СДМ-102. Трубные шаровые мельницы. Классификация шаровых мельниц. Шаровые мельницы периодического действия. Трубные мельницы. Барабанные мельницы бесшарового измельчения.
4	Оборудование для обогащения и сортировки материалов	Грохочение. Классификация грохотов. Просеивающие поверхности грохотов. Эксцентриковый грохот. Инерционные наклонные грохоты. Гириационные грохоты. Воздушная сортировка. Машины для промывки каменных материалов. Гравиемойки. Гидравлические и гидромеханические классификаторы. Обогащение и улучшение каменных материалов. Гидроциклоны. Вибрационные мойки. Гравиемойки-сортировки. Классификаторы песка.
5	Оборудование для дозирования материалов	Пластинчатый питатель. Ящичный питатель. Ленточный питатель. Качающийся питатель. Маятниковый питатель. Дисковый питатель. Винтовой питатель. Барабанный питатель. Вибрационный питатель. Дозаторы. Дозаторы циклического действия. Дозаторы непрерывного действия. Автоматический весовой ленточный дозатор (ЛДА)
6	Оборудование для смешивания материалов	Классификация смесителей. Смесители периодического действия. Бетоносмесители непрерывного действия. Автобетоносмесители
7	Оборудование для обеспыливания и газоочистки	Основные методы и средства. Оборудование для газоочистки.
8	Оборудование для транспортирования и укладки бетонной смеси	Классификация. Оборудование для транспортирования бетонной смеси от бетоносмесительных установок к зонам раздачи и формовочным постам. Оборудование для раздачи, распределения и разравнивания бетонной смеси на формовочных постах.

5.3. Лабораторный практикум- не предусмотрен

5.4. Практические (семинарские) занятия

Таблица 4

№ п/п	Тематика практических занятий

1	Определение технической производительности и требуемой мощности щековых дробилок
2	Определение часовой и сменной производительности передвижных циклических гравитационных смесителей
3	Расчет валов
4	Расчет и выбор подшипников качения
5	Расчет шпоночного соединения
6	Расчет открытых зубчатых передач
7	Расчет передач с гибкой связью
8	Расчет производительности конического шнека глиномешалки
9	Определение частоты вращения и моментов на валах прессы
10	Расчет вала глиномешалки

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения
1	Дробильное и сортировочное оборудование для производства нерудных строительных.
2	Оборудование для сушки и обжига строительных материалов.
3	Оборудование для помола материалов.
4	Оборудование для воздушной сепарации продуктов помола.
5	Оборудование для транспортирования сырьевых материалов и цемента.
6	Оборудование для очистки воздуха и газов от пыли.
7	Машины для производства цементобетонных и асфальтобетонных смесей.
8	Оборудование для активации сырья и производства керамических стеновых материалов
9	Складское хозяйство.

Темы для докладов и презентаций

1. Расчет и проектирование технологических зон;
2. Приготовление бетонной смеси;
3. Обработка и изготовление арматурных элементов;
4. Формование железобетонных изделий;
5. Тепловая обработка железобетонных изделий;
6. Заводская отделка железобетонных изделий;
7. Организация контроля производства и качества железобетонных изделий;
8. Предприятия по производству строительной керамики;
9. Виды керамических изделий;
10. Сырьевые материалы и добавки;
11. Общая технология керамических изделий;
12. Компонировочные решения заводов по производству керамических изделий;
13. Применение керамических изделий;
14. Разработка генеральных планов.

15. Технико-экономическое обоснование строительства заводов железобетонных изделий (ЖБИ)
16. Исходные данные для проектирования;
17. Обоснование выбранного района строительства завода и его мощности;
18. Номенклатура выпускаемой продукции и ее характеристики;
19. Режим работы завода;
20. Сырье и полуфабрикаты;
21. Топливо и электроснабжение;
22. Водоснабжение и канализация;
23. Транспорт; Рабочие кадры и ИТР.
24. Расчет и проектирование технологических зон
25. Приготовление бетонной смеси;
26. Обработка и изготовление арматурных элементов;
27. Формование железобетонных изделий
28. Тепловая обработка железобетонных изделий;
29. Заводская отделка железобетонных изделий;
30. Организация контроля производства и качества железобетонных изделий.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы

1. Сапожников И.Я. Машины и аппараты промышленности строительных материалов. - М.: Машгиз, 2005. (Атлас конструкций) – ЭБС ГГНТУ;
2. Силенок С.Г., Борщевский А.А. и др. «Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций» М., «Машиностроение» 2000 г. – ЭБС ГГНТУ;

7. Оценочные средства

7.1. Вопросы на I –ю рубежную аттестацию

1. Машина и оборудование для чистки, резки, упрочнения, гибки, натяжения укладки и сварки арматурных изделий.
2. Оборудование конвейерных линий.
3. Роль дисциплины в формировании инженера-строителя-технолога.
4. Конвейерные линии для формирования ж/б изделий.
5. Форма для формирования ж/б изделий
6. Что входит в комплект оборудования формовочного поста?
7. Способы уплотнения бетонной смеси.
8. Дать определение вибрационным площадкам. Классификация.
9. Формовочные машины с вибровкладышами.
10. Оборудование для уплотнения бетонной смеси.
11. Вибрационные щиты и штампы.
12. Формовочные машины, работающие с виброплощадкой
13. Питатели. Классификация.
14. Оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей
15. Выбор и эксплуатация смесительных и дозирующих машин.

Образец билетов к 1 рубежной аттестации

Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д.
Миллионщикова

Билет №1

ко 1-ой рубежной аттестации студентов группы _____,
по дисциплине «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» 5 семестр
Вопросы:

1. Питатели. Классификация;
2. Способы уплотнения бетонной смеси.

Зав. кафедрой «ТСП», проф.

С.-А. Ю. Муртазаев

Вопросы на II –ю рубежную аттестацию

1. Дозаторы. Классификация.
2. Бетоносмесители периодического и непрерывного действия.
3. Пропеллерные смесители. Лопастные смесители.
4. Бетонораздатчики. Эстакадный бетонораздатчик.
5. Плунжерные насосы.
6. Машины для ленточного формования многопустотных панелей. Бетонирующий комбайн
7. Подвесной бетонораздатчик. Бетоноукладчик.
8. Установка для пневмотранспорта бетонной смеси.
9. Формовочная машина с экструзионными пустообразователями.

Образец билета к второй рубежной аттестации

Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д.
Миллионщикова

Билет №5

ко 2-ой рубежной аттестации студентов группы _____,
по дисциплине «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» 5 семестр
Вопросы:

1. Бетоносмесители периодического и непрерывного действия;
2. Установка для пневмотранспорта бетонной смеси.

Зав. кафедрой «ТСП», проф.

С.-А. Ю. Муртазаев

7.2. Вопросы на экзамен

1. Дозаторы, их назначение и классификация.
2. Бетосмесители периодического действия (гравитационные).
3. Оборудование для виброуплотнения бетонной смеси в формах.
4. Экология и охрана окружающей среды в промышленности строительных материалов, изделий и конструкций.
5. Оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей.
6. Объемные дозаторы непрерывного действия с бочками постоянного уровня для воды.
7. Бункера, их классификация и назначение.
8. Вибрационные бетоносмесители. Для получения каких бетонных смесей их применяют?
9. Дайте определение дозаторов.
10. Объемные дозаторы периодического действия для песка и щебня.
11. Бадьи и их характеристики.
12. Весовые дозаторы циклического действия: Однофракционные и двухфракционные.
13. Общие сведения о перемешивании материалов; Какой процесс называется перемешиванием?
14. Роторный бетоносмеситель с принудительным перемешиванием материала.
15. Способы уплотнения бетонной смеси.
16. Питатели, их классификация и назначение.

17. Дать определение бункерам (силосам); Какого типа они бывают по привязки к транспортным коммуникациям?
18. Ленточные питатели сыпучих и кусковых материалов.
19. Растворосмесители периодического действия.
20. Бетоноуладчики, принципы безопасной эксплуатации.
21. Бетонораздатчик, их классификация и назначение.
22. Цикл обработки порции материала в бетоносмесителе (перечислить последовательность).
23. Весовые дозаторы.
24. Подвесной бетонораздатчик, принцип его работы.
25. Ленточны передвижные конвейеры, область их применения?
26. Оборудование для чистки и упрочнения арматурной стали.
27. Растворы смесители непрерывного действия.
28. Питатели (ленточные, пластинчатые, цепные).
29. Эстакадный бетонораздатчик.
30. смесители для приготовления и перемешивания жидких масс (пропеллерные, лопастные)
31. Техника безопасности при эксплуатации подъемных- транспортного, дозирующего и смесительного оборудования бетоносмесительных цехов (БСУ).
32. Каким видом транспорта осуществляется транспортирование бетонной смеси от места приготовления до места разгрузки? Что называется блоком бетонирования.
33. Перечислите оборудование арматурного цеха завода ЖБИ.
34. Виброштампы, области их применения?
35. Выбор и эксплуатация смесительных и дозирующих машин.
36. Техника безопасности и охрана труда на заводах ЖБИ.
37. Назначение и конструктивные особенности форм.
38. Снижение материалаемкости и энергоемкости пароизводства
39. Что является неприменным условиям получения ж/б изделий высокого качества?
40. Бетоноукладчики с виброротковыми питателями, при изготовлении каких ж/б изделий они применяются?
41. Какой указатель имеет автоматический дозатор А В Д Ж – 425?
42. Бетононасосы, классификация, принцип действия.
43. Виброплощадки, их конструктивное решение.
44. Бетоноукладчики с дополнительным оборудованием (с распределительно-уплотняющим устройством).
45. Способы транспортирования бетонной смеси.

Образец билета к экзамену

<p>Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова Билет №5 к экзамену студентов группы _____, по дисциплине «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» 5 семестр</p>	
<p>Вопросы:</p>	
1.	Объемные дозаторы периодического действия для песка и щебня;
2.	Способы транспортирования бетонной смеси.
<p>Зав. кафедрой «ТСП», проф. С.-А. Ю. Муртазаев</p>	

7.3.

Текущий контроль

Образец для оценки текущего контроля по данной дисциплине.

Практическая работа 1. Определение технической производительности и требуемой мощности щековых дробилок

Определение угла захвата. Углом захвата называют угол α (рис.7, а), образованный щеками дробилки при подходе подвижной щеки к неподвижной. Для определения оптимального значения угла захвата, при котором материал не будет выталкиваться из дробилки, примем расположение обеих щек, как показано на рис. 7, а, т. е. под одинаковыми углами $\alpha/2$ к вертикальной плоскости. При нажатии подвижной щеки на кусок материала в точках соприкосновения его с поверхностью щек возникают силы нормального давления P и силы трения $P \cdot f$. Силы P раскладываются на составляющие – горизонтальные $P \cdot \cos \alpha/2$ и вертикальные $P \cdot \sin \alpha/2$. Последние стремятся вытолкнуть материал из загрузочного отверстия дробилки. Составляющие $P \cdot f \cdot \cos \alpha/2$ от сил трения $F = Pf$ противодействуют выталкиванию материала.

Таблица 2

Техническая характеристика щековых дробилок

Наименование	Дробилки						
	со сложным движением щеки				с простым движением щеки		
	СМД-31 (С-182Б)	СМД-11 (СМ-166А)	СМД-28 (СМ-741)	СМД-6А (СМ-16Д)	СМД-58Б	СМД-59А	СМД-60А
Производительность, м ³ /ч	3,5—12	7—35	19,8—48	До 200	160	280	550
Размер загрузочного отверстия, мм	250×400	250×900	400×900	600×900	900× ×1200	1200× ×1500	1500× ×2100
Размер загружаемых кусков, мм, до	210	210	340	510	700	1000	1300
Ширина разгрузочной щели, мм	20—80	20—80	40—100	75—200	130	150	180
Угловая скорость эксцентрикового вала, об/мин	275	325	290	250	170	150	125
Мощность электродвигателя, кВт	25	40	40	75	100	160	250
Габаритные размеры, м:							
длина	1,33	1,4	2,0	2,47	7,5	9,28	7,7
ширина	1,2	2,08	2,28	2,28	5,55	6,8	6,65
высота	1,4	1,23	1,92	2,52	2,97	3,89	4,8
Масса, т	2,5	5,1	9,67	14,85	72,3	145	251
Прочность дробимого материала, МПа (кгс/см ²)	250 (2500)						

Для нормальной работы щековой дробилки необходимо соблюдение условия

$$2P \sin \frac{\alpha}{2} \leq 2Pf \cos \frac{\alpha}{2}.$$

Разделив обе части уравнения на $2 \cdot P \cdot \cos \alpha/2$, получим

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq f.$$

Из курса механики известно, что $f = \operatorname{tg} \varphi$, где φ – угол трения, тогда $\alpha \leq 2\varphi$.

Следовательно, для нормальной работы дробилки угол захвата должен быть равен двойному углу трения или быть меньше его. При $f = 0,3$ $\varphi = 16^\circ 40'$, $\alpha = 33^\circ 20'$. На практике принимают $\alpha = 15 \div 25^\circ$, при этом степень измельчения составляет $i = 3 \div 6$, а глубина загрузочного отверстия – в $2 \div 2,5$ раза больше его ширины. При нормальном угле захвата, когда одни куски заклиниваются другими ($\alpha > 2\varphi$), кусок материала возможно будет выброшен из дробилки.

Определение оптимальной угловой скорости эксцентрикового вала. Предположим, что при отходе подвижной щеки на величину 5 (рис. 7, б), т. е. в течение пол-оборота эксцентрикового вала, из загрузочного отверстия дробилки свободно выпадает измельченный материал в виде призмы трапециевидального сечения.

В связи с тем что ход щеки невелик, принимаем угол α неизменным, тогда высота призмы

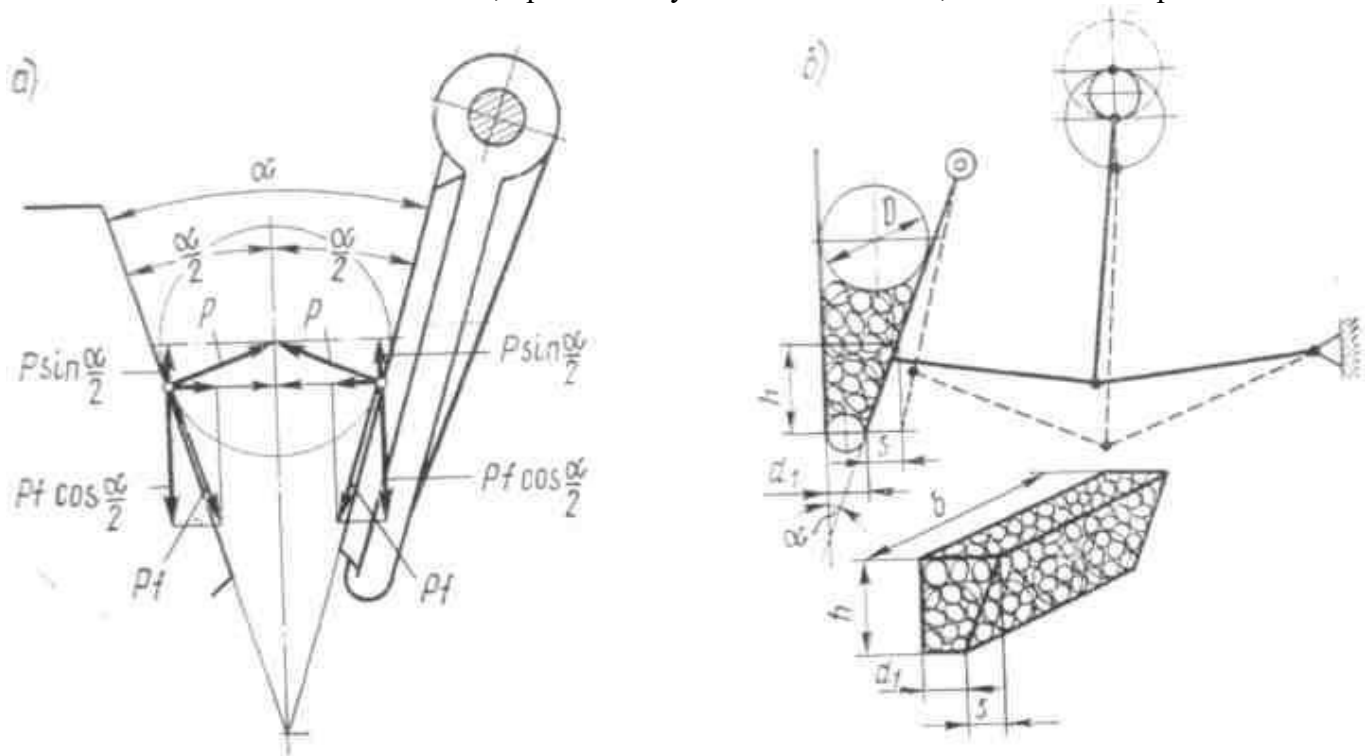


Рис. 7. Схемы к определению:
а – угла захвата; б – угловой скорости и производительности дробилки

$$h = \frac{s}{\operatorname{tg} \alpha} \text{ (м).}$$

На основании закона свободного падения $h = gt_1^2/2$, время свободного падения призмы

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ (с),}$$

где g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

С другой стороны, учитывая, что эксцентриковый вал имеет угловую скорость ω и что при одном обороте вала подвижная щека делает одно полное качание, определим время (t) одного хода (отхода) щеки:

$$\text{В системе СИ} \quad t = \frac{1}{2} \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{\omega} \text{ (с).}$$

$$\text{В системе МКГСС} \quad t = \frac{1}{2} \frac{60}{n} = \frac{30}{n} \text{ (с).}$$

Для беспрепятственного выпадения материала необходимо, чтобы $t = t_1$. Подставляя в это равенство значения t и t_1 , получим

$$\frac{\pi}{\omega} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\frac{30}{n} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

звідки

$$\omega = 6,95 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{s}} \text{ (рад/с).}$$

$$n \cong 66 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{s}} \text{ (об/хв).}$$

При $\alpha = 20^\circ$ отримаємо

$$\omega = \frac{4,2}{\sqrt{s}} \text{ (рад/с).}$$

$$n = \frac{40}{\sqrt{s}} \text{ (об/хв.).}$$

Величина s составляет 0,015 – 0,025 м.

В щековых дробилках с овальным кулачковым приводом (см. *рис.4, з*) подвижная щека делает два полных качания за пол-оборота главного вала и угловая скорость должна быть в 2 раза меньше, чем по формуле. Так как в действительности материал не свободно выпадает из дробилки, а имеет место торможение, то результат, полученный по формуле, надо уменьшить на 5 – 10%.

Пример. Определить наиболее выгодную угловую скорость эксцентрикового вала щековой дробилки с шарнирно-рычажным механизмом, у которой величина отхода щеки в нижней точке $s = 0,02$ м, $\alpha = 20^\circ$:

$$\omega = \frac{4,2}{\sqrt{s}} = \frac{4,2}{\sqrt{0,02}} = 29 \text{ (рад/с).}$$

$$n = \frac{40}{\sqrt{s}} = \frac{40}{\sqrt{0,02}} = 283 \text{ (об/хв.).}$$

Учитывая торможение между щеками ($\approx 10\%$), принимаем

$$\omega = 26 \text{ (рад/с).}$$

$$n = 255 \text{ (об/хв.).}$$

Для дробилки с овальным кулачковым приводом соответствующая угловая скорость главного вала

$$\omega = \frac{26}{2} = 13 \text{ (рад/с).}$$

$$n = \frac{255}{2} = 128 \text{ (об/хв.).}$$

Определение производительности дробилки. Предположим, что при отходе подвижной щеки на величину s через разгрузочную щель дробилки выпадает призма материала (*рис. 7, б*) объемом

$$V = \frac{2d_1 + s}{2} hb \text{ (м}^3\text{),}$$

где h та b – высота и ширина призмы.

Примем $2d_1 + s \cong 2d^*$, где d^* – размер поперечника куска материала (после дробления).

Объем V материала выпадает за время полного качания щеки $T = 2\pi/\omega$ и формула для теоретической производительности будет иметь вид

$$Q = \frac{2dsb}{2tg\alpha T} = \frac{dsb\omega}{tg\alpha \cdot 2\pi} \text{ (м}^3\text{/с).}$$

$$Q = \frac{2dsbn60}{2tg\alpha} \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (4)$$

* Это допущение приводит к некоторой неточности, но вполне допустимой для целей практики.

При $tg\alpha = 0,4$ фактическая производительность определится из формулы

$$Q = 0,4dsb\omega\rho \text{ (кг/с)}$$

$$Q = 150dnsb\mu\rho \text{ (т/год),}$$

где d , s и b – в м; ρ – плотность в т/м³ и кг/м³; μ – поправочный коэффициент, учитывающий естественное разрыхление материала и добавочное разрыхление, вызываемое тем, что материал подается в машину не сплошным потоком, $\mu \cong 0,25 - 0,6$.

Для больших степеней измельчения следует выбирать наименьшее значение поправочного коэффициента. На производительность щековой дробилки существенное влияние оказывает равномерное и непрерывное питание, для осуществления которого применяются различные системы автоматического регулирования. Наиболее удачной следует считать блок-схему ВНИИНеруда* (*рис. 8*). Система состоит из двигателя Д постоянного тока, обеспечивающего регулируемый привод пластинчатому питателю, регулятора производительности РП и регулятора уровня РУ. Обмотка питается от выпрямителя В, который с помощью трех магнитных усилителей силовых однофазных УСО подключен к сети трехфазного тока. Система может работать от реостата ручного задания РРЗ и автоматического управления.

При работе от РРЗ машинист вручную переставляет движок реостата, уменьшает или увеличивает скорость подачи материала. При таком приводе производительность

установки повышается на 5–7%.

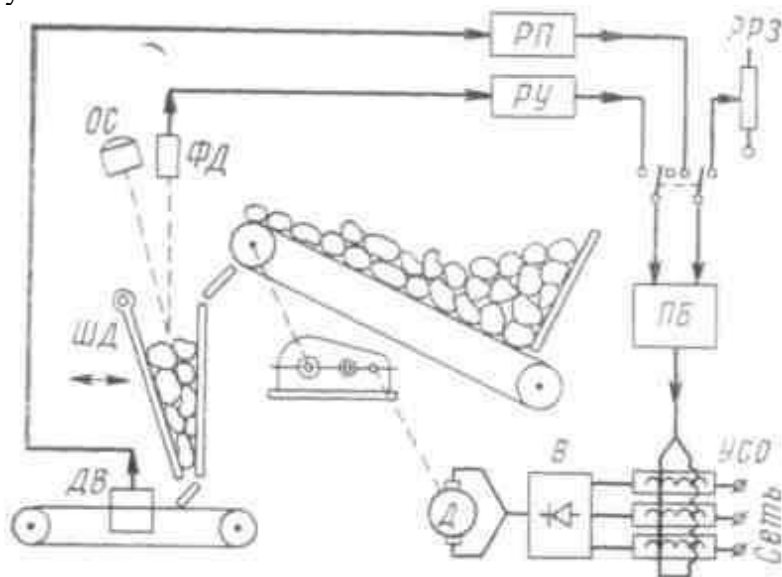


Рис. 8. Блок-схема автоматического регулирования загрузки щековой дробилки

регулирование осуществляется только по производительности. Если уровень меньше 0,6 высоты камеры, то РУ плавно повышает скорость питателя. При уровне больше 0,9 высоты РУ останавливает питатель, а при значительном снижении уровня материала скорость питателя автоматически увеличивается.

Определение мощности двигателя. Для определения мощности двигателя еще не удалось создать вполне обоснованных аналитических методов расчета, которые учитывали бы свойства измельчаемого материала, качество эксплуатируемой машины, подгонки ее деталей, смазки и т. л. и давали результаты, близкие к действительным. При выборе двигателя для щековых дробилок рекомендуется пользоваться опытными данными. Мощность двигателя ориентировочно определяют из расчета, что при степени измельчения $i = 4$ на единицу производительности щековой дробилки 0,28 кг/с приходится (с учетом к. п. д. передачи $\eta = 0,8$) 0,46–0,55 кВт для мягких пород, 0,75–0,92 кВт для пород средней твердости и 0,92–1,1 кВт для твердых пород. При $i \neq 4$ мощность изменяется (примерно) пропорционально степени измельчения. Для больших дробилок мощность, приходящаяся на единицу производительности, меньше, чем для небольших.

ПРИМЕРНЫЙ РАСЧЕТ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК

Пример. Произвести расчет щековой дробилки (рис. 9) с простым качанием подвижной щеки и шарнирно-рычажным механизмом для дробления шамота плотностью $\rho = 2500$ кг/м³ (2,5 т/м³). Производительность дробилок $Q = 20$ м³/ч (14 кг/с), размер кусков материала до дробления $D=450$ мм; размер кусков материала после дробления $d_{\max}=100$ мм, $d_{\min} = 80$ мм; величина отхода подвижной щеки $s = 20$ мм; поправочный коэффициент $\mu = 0,4$.

Определение угла захвата. Чтобы куски материала не выбрасывались из загрузочного отверстия щековой дробилки, угол захвата α , как отмечалось выше, должен быть меньше или равен двойному углу трения $\alpha \geq 2\varphi$.

При коэффициенте трения $f = 0,3$ получим $\varphi = \arctg f = \arctg 0,3 = 16^\circ 40'$. Так как $\alpha \leq 2\varphi$, то $\alpha \leq 2 \cdot 16^\circ 40' \leq 33^\circ 20'$. Практически угол захвата принимают от 15 до 25°; для нашего случая принимаем $\alpha = 20^\circ$.

Определение угловой скорости эксцентрикового вала:

$$\omega = \frac{4,2}{\sqrt{s}} = \frac{4,2}{\sqrt{0,02}} = 29 \text{ (рад/с)} \quad \left| \quad n = \frac{40}{\sqrt{0,02}} = 283 \text{ (об/хв.)} \right.$$

Снимается 5 ÷ 10%, т. е. $\omega=26$ рад/с; $n = 250$ об/мин.

При автоматическом управлении в зависимости от производительности и уровня материала в камере дробления на вход промежуточного блока ПБ поступают сигналы от регулятора уровня РУ, получающего входной сигнал от фотодатчика ФД, расположенного рядом с осветителем ОС, и регулятора производительности РП, получающего сигнал от датчика массы (веса) ДВ. Система настраивается таким образом, что если уровень загрузки не превышает 0,6 высоты камеры дробления, то

регулирование осуществляется только по производительности.

Если уровень меньше 0,6 высоты камеры, то РУ плавно повышает скорость питателя. При уровне больше 0,9 высоты РУ останавливает питатель, а при значительном снижении уровня материала скорость питателя автоматически увеличивается.

Для определения мощности двигателя еще не удалось создать вполне обоснованных аналитических методов расчета, которые учитывали бы свойства измельчаемого материала, качество эксплуатируемой машины, подгонки ее деталей, смазки и т. л. и давали результаты, близкие к действительным. При выборе двигателя для щековых дробилок рекомендуется пользоваться опытными данными. Мощность двигателя ориентировочно определяют из расчета, что при степени измельчения $i = 4$ на единицу производительности щековой дробилки 0,28 кг/с приходится (с учетом к. п. д. передачи $\eta = 0,8$) 0,46–0,55 кВт для мягких пород, 0,75–0,92 кВт для пород средней твердости и 0,92–1,1 кВт для твердых пород. При $i \neq 4$ мощность изменяется (примерно) пропорционально степени измельчения. Для больших дробилок мощность, приходящаяся на единицу производительности, меньше, чем для небольших.

ПРИМЕРНЫЙ РАСЧЕТ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК

Пример. Произвести расчет щековой дробилки (рис. 9) с простым качанием подвижной щеки и шарнирно-рычажным механизмом для дробления шамота плотностью $\rho = 2500$ кг/м³ (2,5 т/м³). Производительность дробилок $Q = 20$ м³/ч (14 кг/с), размер кусков материала до дробления $D=450$ мм; размер кусков материала после дробления $d_{\max}=100$ мм, $d_{\min} = 80$ мм; величина отхода подвижной щеки $s = 20$ мм; поправочный коэффициент $\mu = 0,4$.

Определение угла захвата. Чтобы куски материала не выбрасывались из загрузочного отверстия щековой дробилки, угол захвата α , как отмечалось выше, должен быть меньше или равен двойному углу трения $\alpha \geq 2\varphi$.

При коэффициенте трения $f = 0,3$ получим $\varphi = \arctg f = \arctg 0,3 = 16^\circ 40'$. Так как $\alpha \leq 2\varphi$, то $\alpha \leq 2 \cdot 16^\circ 40' \leq 33^\circ 20'$. Практически угол захвата принимают от 15 до 25°; для нашего случая принимаем $\alpha = 20^\circ$.

Определение угловой скорости эксцентрикового вала:

$$\omega = \frac{4,2}{\sqrt{s}} = \frac{4,2}{\sqrt{0,02}} = 29 \text{ (рад/с)} \quad \left| \quad n = \frac{40}{\sqrt{0,02}} = 283 \text{ (об/хв.)} \right.$$

Снимается 5 ÷ 10%, т. е. $\omega=26$ рад/с; $n = 250$ об/мин.

Определение конструктивных параметров загрузочного отверстия. Ширина загрузочного отверстия – расстояние между щеками (*рис. 9*)

$$a = D + (20 \div 60) = 450 + 50 = 500 \text{ (мм)}.$$

Глубина загрузочного отверстия

$$H = \frac{a - d_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{500 - 80}{\operatorname{tg} 20^\circ} = \frac{420}{0,36} = 1166 \text{ (мм)}.$$

Обычно глубина загрузочного отверстия в 2–2,5 раза превышает его ширину, т. е. $H = (2 \div 2,5) \cdot a$. Принимаем $H = 1160$ мм.

Длина загрузочного отверстия (ширина щеки)

$$b = \frac{Q}{0,4ds\omega\mu\rho} = \frac{14}{0,4 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 26 \cdot 0,4 \cdot 2500} = 0,67 \text{ (м)};$$

$$b = \frac{Q}{150nds\mu} = \frac{20}{150 \cdot 250 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 0,4} = 0,67 \text{ (м)}.$$

Обычно $b = (1,5 \div 3,5) \cdot a$.

Определение мощности двигателя щековой дробилки ориентировочно производят по опытным данным или данным каталогов. Принимая, что на единицу производительности 1 т/ч приходится 0,75 кВт мощности, получим мощность двигателя $N = 50 \cdot 0,75 = 37,5$ кВт.

Принимаем к установке защищенный от пыли двигатель мощностью 40 кВт типа МА-205-1/6 (980 об/мин).

Определение усилий и расчет деталей на прочность. Из конструктивных соображений принимаем: величину эксцентриситета $r = 25$ (*рис. 9, а*), расстояние от центра оси подвеса подвижной щеки до точки касания с дробимым куском $a_1 = 500$ мм и от оси подвеса до точки приложения силы T , действующей вдоль распорной плиты, $l_1 = 1300$ мм.

Прочность деталей рассчитывают по максимальным усилиям, для определения которых исходной величиной является потребная мощность.

Расчет шатуна. При переходе шатуна из нижнего положения в верхнее, когда подвижная щека оказывает давление на дробимый материал, в шатуне возникает растягивающее усилие P . Это усилие изменяется от нуля при нижнем положении шатуна до максимального значения P_{\max} в верхнем положении. Можно считать, что усилие в шатуне возрастает по закону прямой пропорциональности. Среднее значение этого усилия

$$P_{cp} = 0 + \frac{P_{\max}}{2} = \frac{P_{\max}}{2} \text{ (Н, кгс)}.$$

Работа, выполняемая этой силой за один оборот вала,

$$A = P_{cp} 2r = \frac{P_{\max}}{2} 2r = P_{\max} r \text{ (Дж, кгс·м)}.$$

Мощность равна работе, деленной на время пол-оборота:

$$N = \frac{An}{30 \cdot 75 \cdot 1 \cdot 36} = \frac{P_{\max} rn}{3060} \text{ (кВт)} \quad \left| \quad N = \frac{A}{t} = \frac{A\omega}{\pi} = \frac{P_{\max} r\omega}{\pi} \text{ (Вт)}, \right.$$

$$N = 31,8 \cdot 10^{-5} P_{\max} r\omega \text{ (кВт)}.$$

Зная, что $N_{др} = 40$ кВт, при к. п. д. передачи $\eta = 0,75$ мощность, потребляемая щековой дробилкой, $N_{др} = 40 \cdot 0,75 = 30$ кВт. Находим P_{\max} по формуле

$$P_{\max} = \frac{N}{31,8 \cdot 10^{-5} r\omega} = \frac{30}{31,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,025 \cdot 2} = 0,144 \text{ (МН)} \text{ (14700 кгс)}.$$

Учитывая ударный характер нагрузки и возможность попадания в дробилку недробимых предметов, принимаем (по практическим данным) величину расчетного усилия для шатуна в 3–4 раза больше, P_{\max} , т. е.

$$P_{розр} = 4P_{\max} = 4 \cdot 0,144 = 0,576 \text{ (МН)} \text{ (58800 кгс)}.$$

Чтобы уменьшить неуравновешенность дробилки, вес шатуна должен быть как можно меньше. Для изготовления шатуна берем высококачественную сталь.

Площадь поперечного сечения шатуна при $[\sigma_p] = 110$ МПа (1100 кгс/см²) будет

$$S \geq \frac{P_{розр}}{[\sigma_p]} \geq \frac{0,576}{110} \geq 52 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{) (52 см}^2\text{)}.$$

По конструктивным соображениям принят шатун с поперечным сечением 570 см², имеющий значительно больший запас прочности. Длину головки шатуна принимаем 50 см.

Крышку подшипника, охватывающего эксцентриковую часть вала, крепим к шатуну шестью болтами из стали Ст5 с допускаемым напряжением на растяжение $[\sigma_p] \cong 130$ МПа (1300 кгс/см²).

Расчет болтов. Диаметр болтов d определяем из уравнения

$$\frac{6 P_{розр}}{4} = [\sigma_p] k_1 k_2,$$

$$d = \sqrt{\frac{4 P_{розр} k_1 k_2}{6 \pi [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 576 \cdot 10^{-3} \cdot 1,35 \cdot 1,5}{6 \cdot 3,14 \cdot 130}} = 44,1 \cdot 10^{-3} \text{ (м) (44,1 мм)}$$

где $k_1 = 1,35$ – коэффициент, учитывающий наличие напряжения от затяжки болтов; $k_2 = 1,5$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки на болты. Принимаем $d = 45$ мм.

Расчет распорных плит. Усилия T (рис. 9, а), действующие вдоль распорных плит, достигают максимальной величины, когда плиты находятся в крайнем верхнем положении

$$T = \frac{P_{розр}}{2 \cos \beta} \text{ (Н, кгс)}.$$

С увеличением угла β возрастает усилие T , а при $\beta = 90^\circ$, $\cos 90^\circ = 0$, т. е. при горизонтальном положении распорных плит, усилие T неограниченно возрастает. Следовательно, в щековой дробилке распорные плиты не должны располагаться в одну линию. Угол δ принимают равным не менее 10–12°. Сечения плит выбирают такими, чтобы они передавали нормальные расчетные усилия и при попадании недробимых предметов ломались раньше, чем какая-либо другая деталь дробилки.

В дробилке с простым движением подвижной щеки распорные плиты работают на сжатие, поэтому их сечение S можно определить из формулы

$$\sigma_{см} = \frac{T}{S} \text{ (МПа, кгс/см}^2\text{)}.$$

Принимая $\beta = 80^\circ$, определяем усилие, действующее вдоль распорных плит:

$$T_{розр} = \frac{P_{розр}}{2 \cos 80^\circ} = \frac{0,576}{2 \cdot 0,1736} = 1,66 \text{ (МН) (169360 кгс)}$$

Распорные плиты обычно изготавливают из чугуна. Необходимая площадь поперечного сечения плиты

разложить на две составляющие: T_1 и T_2 .

Сила T_1 , дробящая куски материала,

$$T_1 = T_{\text{розр}} \cos \gamma = 1,66 \cos 10^\circ = 1,66 \cdot 0,985 = 1,64 \text{ (МН)} (166820 \text{ кгс}),$$

где $\gamma = \alpha - \beta = 20 - 10 = 10^\circ$.

Сила T_2 , изгибающая ось подвижной щеки и оказывающая давление на подшипники:

$$T_2 = T_{\text{розр}} \sin \gamma = 1,66 \sin 10^\circ = 1,66 \cdot 0,174 = 0,29 \text{ (МН)} (29470 \text{ кгс}).$$

Сила Q_{max} приложена в точке соприкосновения щеки с дробимым куском наибольшего размера:

$$Q_{\text{max}} = \frac{T_1 l_1}{a_1} = \frac{1,64 \cdot 1,3}{0,5} = 4,26 \text{ (МН)} (433730 \text{ кгс}).$$

Подвижная щека должна иметь небольшую массу и быть достаточно прочной, поэтому она изготавливается с ребрами жесткости. При наибольших размерах кусков материала Q_{max} будет максимальным. Если щеку дробилки рассматривать как балку на двух опорах с сосредоточенной нагрузкой (**рис. 9, в**), M_u будет равно

$$M_u = R_1 (l_1 - a_1),$$

но так как $R_1 = T_1$ то

$$M_u = T_1 (l_1 - a_1) = 1,64 \cdot 0,80 = 1,31 \text{ (МН}\cdot\text{м)}.$$

Напряжение в опасном сечении подвижной щеки

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} \leq [\sigma_u] \text{ (МПа, кгс/см}^2\text{)},$$

где W – момент сопротивления, м^3 , для выбранного нами профиля подвижной щеки (**см.**

рис. 9, з) $W_x = I_x / (h - y)$; I_x – момент инерции, м^4 (см^4); h – толщина профиля, м (см); y – координата центра тяжести, м (см).

Центр тяжести подвижной щеки лежит на оси Y_1 , так как сечение щеки симметрично относительно нее.

Возьмем оси координат $Y_1 X_1$, как показано на **рис. 9, з**, тогда координата центра тяжести y определится по формуле

$$y = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2}{F_1 + F_2} = \frac{3 \cdot 0,15 \cdot 0,25 \cdot 0,245 + 0,7 \cdot 0,12 \cdot 0,06}{3 \cdot 0,15 \cdot 0,25 + 0,7 \cdot 0,12} = 0,166 \text{ (м)} (16,6 \text{ см}),$$

где $F_1 = b_1 h$, $F_2 = b h$.

Момент инерции поперечного сечения относительно оси XX

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{b h_1^3}{12} + 3 F_1 (y_1 - y)^2 + \frac{b h_2^3}{12} + F_2 (y - y_2)^2 = \\ &= \frac{0,15 \cdot 0,25^3}{12} + 3 \cdot 0,15 \cdot 0,25 (0,245 - 0,166)^2 + \frac{0,7 \cdot 0,12^3}{12} + \\ &+ 0,7 \cdot 0,12 (0,166 - 0,06)^2 = 0,00234 \text{ (м}^4\text{)} (234000 \text{ см}^4) \end{aligned}$$

Момент сопротивления поперечного сечения

$$W_x = \frac{I_x}{(0,37 - 0,17)} = \frac{0,00234}{0,2} = 0,0117 \text{ (м}^3\text{)} (11700 \text{ см}^3)$$

Напряжение от изгиба

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_x} \leq [\sigma_u] = \frac{1,32}{0,0117} = 114 \text{ (МПа)} (1140 \text{ кгс/см}^2).$$

Так как допускаемое напряжение $[\sigma_u]$ для стального литья берется равным 115–130 МПа, то напряжение 114 МПа вполне допустимо, так как $\sigma_u \leq [\sigma_u]$.

Расчет оси подвижной щеки. Ось подвижной щеки рассчитывают как балку на двух

опорах (рис. 9, д). Так как ширину подшипников принимаем равной 180 мм, реакции располагаем на 1/3 их ширины от края, а усилие, передаваемое на ось, распределяется равномерно в двух местах на расстоянии 200 мм.
Нагрузка, действующая на ось,

$$R = Q_{\max} \frac{(l_1 - a_1)}{l_1} = 4,26 \frac{(1,3 - 0,5)}{1,3} = 2,62 \text{ (МН) (266910 кгс)}.$$

Реакции опор

$$R_1 = R/2 = 2,62/2 = 1,31 \text{ (МН) (133450 кгс)}.$$

Максимальный изгибающий момент

$$M_{\max} = R_1 \cdot 0,26 - \frac{R \cdot 0,2}{2} = 1,31 \cdot 0,26 - 1,31 \cdot 0,1 = 0,21 \text{ (МН}\cdot\text{м) (2135280 кгс}\cdot\text{см)}.$$

Определим изгибающий момент от веса щеки вместе с броневой плитой, которая примерно равна $G_{\text{п}} = 37,2 \cdot 10^{-3}$ МН

$$M_{1\max} = \frac{37,2 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 0,26 - \frac{37,2 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \frac{0,2}{2} = 2,97 \cdot 10^{-3} \text{ (МН}\cdot\text{м) (30400 кгс}\cdot\text{см)}.$$

Если считать, что моменты $M_{1\max}$ и M_{\max} действуют во взаимно перпендикулярных плоскостях, то результирующий момент

$$M_{\text{рез}} = \sqrt{M_{\max}^2 + M_{1\max}^2} = \sqrt{0,21^2 + (2,97 \cdot 10^{-3})^2} \approx 21,002 \cdot 10^{-2} \text{ (МН}\cdot\text{м) (2135500 кгс}\cdot\text{см)}.$$

Принимая диаметр оси подвижной щеки равным 0,175 м, получим

$$\sigma_u = \frac{M_{\text{рез}}}{0,1d^3} = \frac{21,002 \cdot 10^{-2}}{0,1 \cdot 0,175^3} = 398 \text{ (МПа) (3980 кгс/см}^2\text{)}.$$

Следует отметить, что валы и оси щековых дробилок, подвергающиеся действию значительных нагрузок, изготавливают из специальных сталей: хромистой, хромомолибденовой и др. с $\sigma_{\text{в}} = 800 \div 900$ МПа.

Расчет маховика. Размеры маховика определим из уравнения махового момента.

<p>В системе СИ</p> $mD^2 = \frac{6480000N \cdot 1,36}{\left(\frac{30\omega}{\pi}\right)^3 \delta} = \frac{10050N}{\omega^3 \delta} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}$	<p>В системе МКГС</p> $GD^2 = \frac{6480000}{n^3 \delta} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)},$
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

где m – масса маховика, кг; D – диаметр маховика, м; N – мощность потребляемая щековой дробилкой, кВт; ω – угловая скорость эксцентрикового вала, рад/с; δ – коэффициент неравномерности ($\delta = 0,01 - 0,03$).

Подставляя в вышеприведенную формулу числовые значения, получим

$$mD^2 = \frac{10050 \cdot 30}{26^3 \cdot 0,01} = 1660 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}.$$

Диаметр маховика определим из формулы

$$v = \frac{\omega D}{2} \leq 15 \div 20 \text{ (м/с)}.$$

Принимая $v = 15$ м/с, находим диаметр

$$D = \frac{2v}{\omega} = \frac{2 \cdot 15}{26} = 1,15 \text{ (м)}.$$

Масса обода маховика

$$m_{\text{об}} = \frac{1660}{2D^2} = \frac{1660}{2 \cdot 1,15^2} = 630 \text{ (кг)},$$

а с учетом массы спиц $m_{об} = 630 \cdot 1,1 = 695$ (кг).

На эксцентриковом валу устанавливаются два маховика. Площадь сечения обода каждого из маховиков найдем из уравнения

$$m_{об} = S\pi D\rho,$$

где ρ – плотность материала, $\rho = 7100$ кг/м³. Отсюда

$$S = \frac{m_{об}}{\pi D\rho} = \frac{630}{3,14 \cdot 1,15 \cdot 7100} = 0,0246 \text{ (м}^2\text{)} \text{ (246 см}^2\text{)}.$$

Принимая, что один из маховиков является шкивом, тогда ширину маховика-шкива берем равной 20 см, а толщину обода

$$h = \frac{246}{20} = 12,3 \text{ (см)} \cong 120 \text{ (мм)}.$$

Расчет эксцентрикового вала. Эксцентриковый вал рассчитывают как балку, свободно лежащую на двух опорах (см. *рис. 9, е*). На вал действуют нагрузки: а) сила $P_{расч} = 0,576$ МН (58 800 кгс); б) на консолях – сила тяжести маховиков $G_M = 0,0068$ МН (695 кгс); в) на одной консоли, кроме веса маховика, сила T_p от натяжения ремня.

Для определения силы T_p найдем крутящий момент на маховике-шкиве

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega} = \frac{30 \cdot 10^3}{26} = 1150 \text{ (Н} \cdot \text{м)} = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ (МН} \cdot \text{м)} \text{ (115 кгс} \cdot \text{м)}.$$

Окружное усилие на маховике

$$P_{окр} = \frac{2M_{кр}}{D_M} = \frac{2 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3}}{1,15} = 0,002 \text{ (МН)} \text{ (}\approx 200 \text{ кгс)}.$$

Натяжение ремня можно принять приближенно равным утроенному окружному усилию

$$T_p \cong 3P_{окр} = 3 \cdot 0,002 = 0,006 \text{ (МН)} \text{ (}\approx 600 \text{ кгс)}.$$

Для упрощения вычислений допустим, что сила T_p направлена вертикально вверх. По *рис. 9, е*, $a_2 = 0,81$ м – расстояние между осями подшипников, $b_2 = 0,25$ м – расстояние от оси подшипника до оси маховика.

Находим реакцию R_A . Сумма моментов всех сил относительно опоры В

$$\begin{aligned} & -G_M \left(\frac{b_2}{2} + a_2 \right) + R_A a_2 - P_{расч} \frac{a_2}{2} + G_M \frac{b_2}{2} - T_p b_2 = 0, \\ R_A &= \frac{G_M \left(\frac{b_2}{2} + a_2 \right) + P_{расч} \frac{a_2}{2} - G_M \frac{b_2}{2} + T_p b_2}{a_2} = \\ &= \frac{0,0068(0,25 + 0,81) + 0,576 \cdot 0,405 - 0,0068 \cdot 0,25 + 0,006 \cdot 0,25}{0,81} = 0,297 \text{ (МН)} \end{aligned}$$

Максимальный изгибающий момент на середине эксцентрикового вала

$$M_{\max} = -G_M \left(\frac{b_2}{2} + a_2 \right) + R_A a_2 = -0,0068 \cdot 0,655 + 0,297 \cdot 0,405 = 0,125 \text{ (МН} \cdot \text{м)}$$

Кроме изгибающего эксцентриковый вал подвергается действию крутящего момента

$$M_{кр} = P_{расч} r = 0,576 \cdot 0,025 = 0,0144 \text{ (МН} \cdot \text{м)}.$$

Результирующий момент

$$M_{рез} = \sqrt{M_{\max}^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{0,125^2 + 0,0144^2} = 0,126 \text{ (МН} \cdot \text{м)}$$

Принимаем диаметр эксцентрикового вала $d_B = 0,175$ м, тогда

$$\sigma_u = \frac{M_{рез}}{0,1d^3} = \frac{0,126}{0,1 \cdot 0,175^3} = 230 \text{ (МПа)},$$

что вполне допустимо, так как эксцентриковый вал изготавливают из хромистой стали с $\sigma_B = 800 \div 900$ МПа.

Для определения диаметра коренной шейки вала определяют изгибающий момент относительно опоры В

$$M_B = (G_M - T_p) b_2 = (0,0068 - 0,006) 0,25 = 0,0002 \text{ (МН}\cdot\text{м)}.$$

Так как изгибающий момент незначительный, то шейку вала рассчитывают на кручение. Диаметр шейки вала принимают $d_{ш} = 0,125$ м, тогда

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{0,2d^3} = \frac{0,0144}{0,2 \cdot 0,125^3} = 36,8 \text{ (МПа)},$$

что для принятой стали вполне допустимо.

Определяем диаметр шейки из расчета на удельное давление. Допустимое удельное давление для стали по баббиту $p = 900$ МПа, тогда

$$d_{ш} = \frac{R}{lp} = \frac{0,297}{0,28 \cdot 900} = 0,121 \text{ (м)},$$

где l – длина шейки коренного подшипника, $l = 280$ мм.

Принимаем $d_{ш} = 0,125$ м.

Проверяют шейку вала на нагрев по условному коэффициенту $k = p\upsilon$, где p – фактическое удельное давление, МПа; υ – окружная скорость на поверхности шейки.

При работе дробилки на эксцентриковый вал действует сила, периодически изменяющаяся от 0 до 0,144 МН, а сила $P_{расч}$ действует только в короткий период при попадании в загрузочное отверстие твердых недробимых предметов. Поэтому для расчета шейки на нагрев принимаем усилие на вал $P_{max} = 0,144$ МН.

Давление на опору А будет

$$R_A = \frac{G_M (b_2 - a_2) + P_{max} \frac{a_2}{2} - G_M b_2 + T b_1}{a_2} =$$

$$= \frac{0,0068(0,81 + 0,25) + 0,144 \cdot 0,405 - 0,0068 \cdot 0,25 + 0,006 \cdot 0,25}{0,81} = 0,081 \text{ (МН)}$$

Удельное давление на шейку

$$p = \frac{R_A}{ld_{ш}} = \frac{0,081}{0,25 \cdot 0,125} = 2,35 \text{ (МН/м}^2\text{)}.$$

Величина условного коэффициента составит

$$k = p\upsilon = 2,35 \cdot 1,63 = 3,84 \text{ (МН/м}\cdot\text{с)},$$

что вполне допустимо.

Проверка станины на прочность. Станину изготавливают из отдельных деталей, удерживаемых замками и скрепленных болтами. Передняя и задняя стенки станины, работающие на изгиб, отлиты из стали вместе с ребрами жесткости, а боковые стенки, работающие на растяжение, выполнены из листовой стали.

Принимают, что передняя и задняя стенки станины работают как балки, лежащие на двух опорах, нагруженных сосредоточенным грузом $Q_{max} = 4,26$ МН (433730 кгс). Поперечное сечение этих стенок показано на **рис. 9, ж**.

Определяют координату центра тяжести сечения относительно оси Y_1X_1

$$y = \frac{0,75 \cdot 0,16 \cdot 0,08 + 3 \cdot 0,18 \cdot 0,1 \cdot 0,25}{0,75 \cdot 0,16 + 3 \cdot 0,18 \cdot 0,1} = 0,133 \text{ (м)}.$$

Момент инерции поперечного сечения

$$I_x = \frac{0,75 \cdot 0,16^3}{12} + 0,75 \cdot 0,16(0,133 - 0,08)^2 + \frac{0,1 \cdot 0,18^3}{12} + 3 \cdot 0,1 \cdot 0,18(0,25 - 0,133)^2 = 0,00138 \text{ (м}^4\text{)}$$

Момент сопротивления

$$W_x = \frac{I_x}{(h - y)} = \frac{0,00138}{0,34 - 0,133} = 0,00667 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Максимальный изгибающий момент при расстоянии между опорами около 0,74 м

$$M_{\max} = \frac{Q_{\max} l}{4} = \frac{4,26 \cdot 0,74}{4} = 0,7875 \text{ (МН} \cdot \text{м)}.$$

Максимальное напряжение в материале стенки

$$\sigma_{из} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{0,7875}{0,00607} = 120,3 \text{ (МПа)}$$

что вполне допустимо для стального литья.

Болты, стягивающие станину, работают на растяжение и срез.

Исходные данные

Ва Р	плотность	производительность	Размер кусков материалов			Величина ходу	Поправочный коэффициент
	ρ , кг/м ³		Q, м ³ /год	По дроблению D, мм	После дробления, мм		
		d_{\max}			d_{\min}	размер щеки S, мм	μ
1	1415	37	421	100	80	24	0,8
2	1961	38	362	143	115	26	0,5
3	1156	25	523	96	77	27	0,5
4	2579	39	313	103	83	16	0,7
5	2034	20	343	110	88	23	0,5
6	2521	31	537	158	127	21	0,5
7	1256	31	584	134	107	16	0,5
8	1007	34	509	108	86	25	0,8
9	2945	22	449	111	89	18	0,5
10	1466	33	533	93	74	16	0,4
11	1804	29	388	85	68	19	0,5
12	2936	21	482	148	119	17	0,5
13	2225	37	376	100	80	18	0,6
14	1810	23	408	87	70	20	0,7
15	1499	30	369	160	128	25	0,7
16	1899	31	451	108	87	24	0,6
17	2122	31	374	130	104	25	0,6
18	2359	32	441	129	103	25	0,6
19	2545	26	378	86	69	18	0,7
20	1250	29	418	118	94	17	0,5
21	1833	37	567	143	114	23	0,7
22	1020	35	462	156	124	17	0,5
23	2340	39	451	80	64	24	0,4
24	1421	37	445	105	84	29	0,6
25	2146	39	547	116	93	15	0,7
26	2371	30	469	91	73	16	0,5
27	2587	32	501	87	69	29	0,8
28	2499	22	588	114	91	23	0,8
29	1241	26	575	147	118	20	0,5
30	1896	28	319	82	66	28	0,8

7.4. Критерии оценивая текущей, рубежной и промежуточной аттестации

Планируемые результаты освоения	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворительно)	41-60 баллов (удовлетворительно)	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
ПК-1. Способность выполнять работы по проектированию технологических линий производства строительных материалов, изделий и конструкций					
знать: - составление предложений по корректировке рецептуры с учетом достижений в сфере производства строительных материалов, изделий и конструкций; - оценивать технико-экономические показатели разработанного состава (рецептуры) строительного материала.	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	
уметь: - оценивать возможности протекания химической реакции при заданных условиях; - выбирать сырьевые материалы (компоненты) в соответствии с техническим заданием.	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
владеть: - основами расчета и корректировки состава (рецептуры) строительного материала.	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	<i>темы, докладов и презентаций</i>

8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся

предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги сурдопереводчика;

- для **слепоглухих** допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:**

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

9. Учебно- методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Константинопуло Г.С. «Механическое оборудование заводов ж/б изделий и теплоизоляционных материалов» Москва, ВШ. 2002, 432 с. – ЭБС ГГНТУ;
 2. Борщевский А.А. и др. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. - М.: Высш. шк., 2004.-368 с. - ЭБС ГГНТУ;
 3. Справочник конструктора дорожных машин. Под ред. И.П.Бородачева, -М.: Машиностроение, 1973. - 504 с. - ЭБС ГГНТУ;
 4. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Р. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций, М.: Машиностроение, 2017. - 351 с. - ЭБС ГГНТУ;
1. [www. ibook](http://www.ibook)
 2. [www. irbook](http://www.irbook)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

10.1. При ведении данной дисциплины используется электронно-библиотечная система IPR BOOKS - ведущий поставщик цифрового контента для образовательных учреждений и публичных библиотек. Ресурс активно используется в научной среде - в высших и средних специальных учебных заведениях, публичных библиотеках, государственных и частных структурах, согласно лицензионному договору №7394/20. ЭБС IPRbooks от 01.01.2021-30.06.2021.

10.2. Помещения для самостоятельной работы предусмотрены по адресу нахождения 2УК по пр. им. А. Кадырова, 30, учебная аудитория 3-26 для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины (Приложение 1).

11. Дополнения и изменения в рабочей программе на учебный год

Дополнения и изменения в рабочие программы вносятся ежегодно перед началом нового учебного года по форме. Изменения должны оформляться документально и вносятся во все учтенные экземпляры.

Методические указания по освоению дисциплины «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии»

1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины.

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» состоит из 8 связанных между собой тем, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические занятия, лабораторные занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим/лабораторным занятиям, тестам/докладам/, и иным формам письменных работ, выполнение, индивидуальная консультация с преподавателем).
3. Интерактивные формы проведения занятий (лекция-дискуссия и др. формы).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому практическому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения. Многие проблемы, изучаемые в курсе, носят дискуссионный характер, что предполагает интерактивный характер проведения занятий на конкретных примерах.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 – 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 - 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в библиотеке (по 1 часу).
4. При подготовке к практическому занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, - предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 - 2 практические ситуации (лаб. работы).

2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине, формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки

проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, или процессов, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

3. Методические указания обучающимся по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике семинарских занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. Ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;

2. Проработать конспект лекций;

3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса;

4. Ответить на вопросы плана практического занятия;

5. Проработать тестовые задания и задачи;

6. Ответить на вопросы плана лабораторного занятия;

7. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и иные задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

3. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» - это углубление и расширение знаний в области строительных материалов; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения

содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к практическому занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить презентацию или доклад и выступить с ним на практическом занятии. Практическое занятие - это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Виды СРС и критерии оценок

(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Доклад (презентация)
2. Участие в мероприятиях

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины. Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

Составитель:



доц. каф. «ТСП» А.С. Успанова

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой «ТСП»



С-А. Ю. Муртазаев

Зав. выпускающей каф. «ТСП»



С-А. Ю. Муртазаев

Директор ДУМР



М.А. Магомаева