

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра подъемно-транспортных, строительных,
дорожных машин и оборудования**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е. И. Луковникова

«_____» _____ 201__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ТЕОРИЯ НАЗЕМНЫХ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

Б1.Б.16

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

**Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и
оборудование**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	8
4.3 Лабораторные работы.....	10
4.4 Практические занятия.....	10
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	10
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	11
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	12
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	12
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	13
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ, практических занятий.....	14
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	47
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	47
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	49
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	55
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	56

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

- осуществление информационного поиска по наземным транспортно-технологическим машинам;
- участие в составе коллектива исполнителей в разработке технических условий на проектирование и техническое описание конструкций наземных транспортно-технологических машин;
- участие в составе коллектива исполнителей в проектировании и эксплуатации наземных транспортно-технологических машин.

Задачи дисциплины

- дать общие сведения об основных тенденциях и направлениях в развитии оборудования, используемых на предприятиях строительного комплекса;
- дать общие сведения об основных научно-технических проблемах и перспективах развития науки и техники в области строительной индустрии.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	знать: -методики исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; уметь: -проводить исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; владеть: -методиками исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем;
ПК-5	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин	знать: -основные понятия и общие вопросы технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин; уметь: -оценивать и представлять результаты выполненной работы по разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин; владеть: -современными методами разработки проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.16 Теория наземных транспортно-технологических машин относится к базовой части.

Дисциплина Теория наземных транспортно-технологических машин базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Б1.Б.12 Теория механизмов и машин, Б1.В.ОД.18 Технические основы создания машин.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин Теория наземных транспортно-технологических машин представляет основу для изучения дисциплин: Б1.Б.15 Конструкция наземных транспортно-технологических машин, Б1.В.ДВ.11 Машины для земляных работ.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	6	288	126	36	54	36	126	-	экзамен
Заочная	3	-	288	36	10	16	10	243	-	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	2	-	288	20	8	6	6	259	-	экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			6
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	126	25	126
Лекции (Лк)	36	7	36
Лабораторные работы (ЛР)	54	10	54
Практические занятия (ПЗ)	36	8	36
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	126	-	126

Подготовка к лабораторным работам	56	-	56
Подготовка к практическим занятиям	52	-	52
Подготовка к экзамену в течение семестра	18	-	18
III. Промежуточная аттестация экзамен	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины час.	288	-	288
зач. ед.	8	-	8

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Общие сведения о системах машин для комплексной механизации основных строительных процессов	22	6	-	-	16
2.	Машины для дробления горных пород	48	6	16	10	16
3.	Машины и оборудование для помола	30	4	12	-	14
4.	Теория процесса сортировки нерудных строительных материалов	40	4	12	8	16
5.	Дробильно-сортировочные заводы и установки	30	4	-	10	16
6.	Машины и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей	42	4	14	8	16
7.	Основы эксплуатации строительных машин	20	4	-	-	16

8.	История и тенденция развития конструкций строительных машин	20	4	-	-	16
	ИТОГО	252	36	54	36	126

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Общие сведения о системах машин для комплексной механизации основных строительных процессов	32	2	-	-	30
2.	Машины для дробления горных пород	40	2	4	4	30
3.	Машины и оборудование для помола	35	1	4	-	30
4.	Теория процесса сортировки нерудных строительных материалов	37	1	4	2	30
5.	Дробильно-сортировочные заводы и установки	33	1	-	2	30
6.	Машины и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей	37	1	4	2	30
7.	Основы эксплуатации строительных машин	32	1	-	-	31
8.	История и тенденция развития конструкций строительных машин	33	1	-	-	32
	ИТОГО	279	10	16	10	243

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Общие сведения о системах машин для комплексной механизации основных строительных процессов	33	1	-	-	32
2.	Машины для дробления горных пород	36	1	1	2	32
3.	Машины и оборудование для помола	35	1	2	-	32
4.	Теория процесса сортировки нерудных строительных материалов	35	1	2	1	31
5.	Дробильно-сортировочные заводы и установки	35	1	-	2	32
6.	Машины и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей	35	1	1	1	32
7.	Основы эксплуатации строительных машин	35	1	-	-	34
8.	История и тенденция развития конструкций строительных машин	35	1	-	-	34
ИТОГО		279	8	6	6	259

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам.

<i>№ темы</i>	<i>Наименование темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4
1.	Общие сведения о системах машин для комплексной механизации основных строительных процессов	Введение. Состояние и перспективы развития строительных машин. Задачи строительного и дорожного машиностроения по созданию высокопроизводительных машин, автоматизированных комплексов и строительных роботов. Общие сведения о процессах измельчения. Классификация машин для измельчения материалов. Физические основы процессов измельчения горных пород. Критерии оценки показателей процессов измельчения. Основные способы измельчения нерудных строительных материалов.	Лекция-диспут (1 час.)
2.	Машины для дробления горных пород	Щековые дробилки. Принципиальные схемы и назначение дробилок. Ряды, основные параметры и технико-эксплуатационные показатели дробилок по ГОСТ. Тенденция развития конструкций дробилок. Конусные дробилки крупного дробления. Конусные дробилки мелкого дробления. Дробилки ударного действия. Особенности рабочего процесса ударных дробилок. Анализ технических показателей. Область рационального применения. Классификация и конструктивные схемы.	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
3.	Машины и оборудование для помола	Общие сведения о рабочем процессе помола. Классификация мельниц. Барабанные шаровые мельницы. Основы расчета скорости, мощности и нагрузок на элементы мельниц. Среднеходные мельницы. Классификация и основные схемы.	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
4.	Теория процесса сортировки нерудных строительных материалов	Грохоты с плоскими рабочими органами. Технологические параметры процессов сортировки и их связь с механическими параметрами грохотов. Государственные стандарты, регламентирующие качество сортировки. Типы просеивающих поверхностей. Классификация сортировочных машин и оборудования. Схемы конструкций и работа вибрационных грохотов с плоскими ситами. Расчет их основных параметров. Машины и оборудование для	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)

		<p>обеспыливания и обогащения строительных материалов. Принципиальные схемы и назначение машин. Методика определения основных параметров. Особенности охраны труда и окружающей среды при эксплуатации машин.</p> <p>Машины и оборудование для механической сортировки материалов. Основы теории гидравлической классификации и воздушной сепарации материалов. Общие сведения о процессах. Схема конструкции и работы гидроклассификаторов и воздушных сепараторов. Оборудование для очистки отходящих газов от пыли. Схемы и устройство циклов и фильтров.</p>	
5.	Дробильно-сортировочные заводы и установки	<p>Дробильно-сортировочные заводы и установки. Основные технологические схемы дробильно-сортировочных заводов и передвижных установок. Методика расчета грузопотоков материалов и выбор оборудования. Автоматизация технологических процессов. Техно-экономические показатели работы ДСЗ и ПДСУ. Охрана труда и мероприятия по уменьшению загрязнения окружающей среды.</p>	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
6.	Машины и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей	<p>Общие сведения о технологических и физико-механических свойствах бетонов и растворов. Технологические требования к бетоно- и растворосмесителям. Реологические и математические модели строительных смесей. Место и значение смесительных машин при производстве смесей.</p> <p>Дозировочное оборудование бетоно- и растворосмесительных установок.</p> <p>Общие сведения о способах дозирования сухих зерновых, пылевидных и жидких материалов. Государственные стандарты на точность дозирования компонентов бетонов и растворов. Весовые дозаторы циклического и непрерывного действия для отмеривания сухих и жидких материалов. Принципиальные схемы и рабочий процесс. Конструкции устройств. Автоматизация управления дозаторами.</p>	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
7.	Основы эксплуатации строительных машин	<p>Общий расчет погрузчиков.</p> <p>Тяговый расчет. Определение производительности.</p>	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
8.	История и тенденция развития конструкций строительных машин	История развития конструкций строительных машин. Тенденции развития конструкций строительных машин.	-

4.3. Лабораторные работы.

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Щековые дробилки	6	-
2	2.	Конусные дробилки	6	-
3	2.	Дробилки ударного действия	4	Работа в малой группе (2 час.)
4	3.	Барабанные мельницы	12	Работа в малой группе (2 час.)
5	4.	Вибрационные грохоты	12	Работа в малой группе (2 час.)
6	6.	Гравитационные смесители	6	-
7		Гравитационные смесители циклического действия	4	Работа в малой группе (2 час.)
8		Гравитационные смесители непрерывного действия	4	Работа в малой группе (2 час.)
ИТОГО			54	10

4.4. Практические занятия.

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Изучение конструкций и расчет основных параметров конусных дробильных машин	10	Исследовательская деятельность (2 час.)
2	4.	Вибрационные грохоты	8	Исследовательская деятельность (2 час.)
3	5.	Дробильно-сортировочные заводы и установки	10	Исследовательская деятельность (2 час.)
4	6.	Гравитационные смесители циклического действия	4	Исследовательская деятельность (2 час.)
5		Гравитационные смесители непрерывного действия	4	-
ИТОГО			36	8

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Не предусмотрены.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
		<i>2</i>	<i>5</i>				
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Общие сведения о системах машин для комплексной механизации основных строительных процессов	22	+	+	2	11	Лк, СР	экзамен
2. Машин для дробления горных пород	48	+	+	2	24	Лк, ЛР, ПЗ, СР	экзамен
3. Машин и оборудование для помола	30	+	+	2	15	Лк, ЛР, СР	экзамен
4. Теория процесса сортировки нерудных строительных материалов	40	+	+	2	20	Лк, ЛР, ПЗ, СР	экзамен
5. Дробильно-сортировочные заводы и установки	30	+	+	2	15	Лк, ПЗ, СР	экзамен
6. Машин и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей	42	+	+	2	21	Лк, ЛР, ПЗ, СР	экзамен
7. Основы эксплуатации строительных машин	20	+	+	2	10	Лк, СР	экзамен
8. История и тенденция развития конструкций строительных машин	20	+	+	2	10	Лк, СР	экзамен
<i>всего часов</i>	252	126	126	2	126		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Мамаев Л.А., Герасимов С.Н. Расчет и проектирование щековых и конусных дробилок. Методические указания к выполнению расчетных работ: ГОУ ВПО «БрГУ». – 2006.-62 с.
2. Мамаев Л.А., Герасимов С.Н. Расчет и проектирование дробильно-сортировочных заводов. Методические указания к выполнению расчетных работ: ГОУ ВПО «БрГУ». – 2006.-42 с.
3. Мамаев Л.А., Герасимов С.Н., Плеханов Г.Н., Федоров В.С. Строительные машины и оборудование – Братск: Изд-во «БрГУ», 2011. – 138 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./ чел.)</i>
Основная литература				
1.	Белецкий, Б.Ф. Строительные машины и оборудование. [Электронный ресурс] / Б.Ф. Белецкий, И.Г. Булгакова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 608 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2781	ПЗ ЛР СР	ЭР	1
2.	Дуданов, И.В. Силовое оборудование самоходных строительных машин : учебное пособие / И.В. Дуданов, А.Г. Ленивцев. – Самарв: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. – 96 с. : ил. – Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9585-0503-6 ; То же [Электронный ресурс]. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256102	ПЗ ЛР СР	ЭР	1
3.	Глаголев, С.Н. Строительные машины, механизмы и оборудование : учебное пособие / С.Н. Глаголев. - М. : Директ-Медиа, 2014. - 396 с. - ISBN 978-5-4458-5282-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235423	ПЗ ЛР СР	ЭР	1
4.	Глотов, В.А. Теория, конструкции и проектирование подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования : учебное пособие / В.А. Глотов, А.В. Зайцев, А.П. Ткачук. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. - 146 с. : ил., схем, табл. – Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-8715-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450596	ПЗ ЛР СР	9	1
Дополнительная литература				
5.	Волков, Д. П. Строительные машины : учебное пособие / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2002. - 376 с.	ПЗ ЛР СР	24	1
6.	Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог : учебное пособие для вузов / Под ред. В.И. Баловнева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Омск : Омский дом печати, 2005. - 768 с.	ПЗ ЛР СР	16	0,8

7.	Баловнев, В. И. Машины для содержания городских и автомобильных дорог. В 2 кн. Кн. 1-2 : учебное пособие / В. И. Баловнев, Р. Г. Данилов, А. Г. Савельев. - 3-е изд., доп. и перераб. - М. : ТЕХПОЛИГРАФЦЕНТР, 2013. - ISBN 978-5-94385-093-6. Кн.1 : Содержание дорог в летний период. - 333 с.	ПЗ ЛР СР	5	0,3
8.	Баловнев, В. И. Машины для содержания городских и автомобильных дорог. В 2 кн. Кн. 1-2 : учебное пособие / В. И. Баловнев, Р. Г. Данилов, А. Г. Савельев. - 3-е изд., доп. и перераб. - М. : ТЕХПОЛИГРАФЦЕНТР, 2013. - ISBN 978-5-94385-093-6. Кн.2 : Содержание дорог в зимний период. - 343 с.	ПЗ ЛР СР	5	0,3
9.	Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие. - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.	ПЗ ЛР СР	77	1
10.	Строительные машины. Справочник. Под общей редакцией В.А. Баумана и Ф.А. Лапира. М.; М.; Машиностроение. Т. I (для I части курса). 1976. -480с., Т II (для II части курса). 1977. - 496с.	ПЗ ЛР СР	12	0,6

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ
<http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»
<http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Работа на лекциях: ведение конспекта лекционного материала для успешного использования его при подготовке к экзамену, закрепления и расширения теоретических знаний. После проработки лекционного материала обучающийся должен четко владеть следующими аспектами по каждой лекции:

- знать тему;
- четко представлять план лекции;
- уметь выделять основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций.

Самостоятельная работа выполняет функцию закрепления, повторения изученного материала. Выполнение самостоятельной работы способствует углублению знаний и более успешному формированию умений и навыков, связанных с изучением конкретных тем.

Характер самостоятельной работы: решение задач, которые выполняются по заданию и при методическом руководстве преподавателя, а также без его непосредственного участия. Правильное выполнение заданий по самостоятельной работе развивает способности самостоятельно работать с информацией, используя учебную и научную литературу. Самостоятельная работа дисциплинирует обучающихся, развивает произвольное внимание и совершенствует навыки целесообразного восприятия.

Отчеты по лабораторным работам и практическим занятиям должны содержать:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Принципиальная схема работы лабораторной установки.
4. Поэтапное выполнение задания.
5. Заключение.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ, практических занятий.

Лабораторная работа №1.

Щековые дробилки.

Цель работы: Познакомиться с конструкциями щековых дробилок, определить их оптимальные параметры и режимы работы

Задание:

С помощью лабораторной установки определить её максимальную производительность, оптимальную скорость вращения эксцентрикового вала, а также размер исходного материала и готового продукта.

Порядок выполнения:

Выполнить измерения размеров входной и выходной щеки лабораторной дробилки, ход подвижной щеки, число оборотов эксцентрикового вала при дроблении различного материала (мел, кирпич, уголь, гравий).

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Принцип работы щековых дробилок.
2. Основные показатели щековых дробилок.

Лабораторная работа №2.

Конусные дробилки.

Цель работы: Познакомиться с рабочим процессом конусных дробилок.

Задание:

Экспериментально выполнить измерение производительности, оптимальной скорости вращения эксцентрикового стакана, угла захвата куска материала и мощности привода дробилки.

Порядок выполнения:

С помощью измерительной аппаратуры определить оптимальные параметры дробилки и сравнить их с теоретическими данными. Рассчитать усилие дробления для различных материалов (мел, кирпич, уголь, гравий).

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назначение конусных дробилок.
2. Что такое угол захвата куска материала.
3. Что такое оптимальное число оборотов эксцентрикового стакана.
4. Достоинства и недостатки конусных дробилок.
5. Как изменить размер готового продукта.

Лабораторная работа №3.

Дробилки ударного действия.

Цель работы: Ознакомиться с конструкциями дробилок ударного действия и определить их основные параметры.

Задание:

1. Ознакомиться с конструкциями и принципом работы дробилки ударного действия.
2. Осуществить расчет дробилки ударного действия согласно варианта.

Порядок выполнения:

Изучить рабочий процесс роторных и молотковых дробилок. Согласно заданного варианта рассчитать критический диаметр куска $d(кр)$ и критическую скорость вращения ротора $U(кр)$, а также определить производительность Π и мощность привода N .

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назначение дробилок ударного действия.
2. Классификация дробилок ударного действия.
3. Что такое критерий ударного воздействия на горную породу?
4. Конструкция бил и молотков.
5. Конструкция роторов дробилок ударного действия.

Лабораторная работа №4.

Барабанные мельницы.

Цель работы: Ознакомиться с конструкцией барабанной мельницы и определение её оптимальных параметров и режимов работы.

Задание:

Определить оптимальную скорость вращения барабана мельницы, мощность привода и производительность.

Порядок выполнения:

Визуально определить «каскадный» режим работы мельницы. Замерить скорость вращения барабана и мощность привода. Вычислить производительность мельницы и сравнить расчетные данные с экспериментальными.

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Объяснить принцип работы барабанной мельницы и её назначение.
2. Что такое «каскадный» режим работы?
3. Как определить оптимальную угловую скорость барабана?
4. Для чего используется многосекционный барабан?
5. Достоинства и недостатки барабанных мельниц.

Лабораторная работа №5.

Вибрационные грохоты.

Цель работы: Ознакомиться с конструкцией вибрационного грохота и его основными параметрами.

Задание:

1. Ознакомиться с конструкцией и рабочим процессом лабораторного вибрационного грохота.
2. Рассчитать основные параметры режимов работы вибрационного грохота.

Порядок выполнения:

Определить скорость движения сита U_0 , угол наклона сита α , частоту и амплитуду A колебаний грохота, а также его производительность и мощность привода.

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назначение виброгрохотов.
2. Конструкции вибраторов.
3. Что такое эффективность грохочения?
4. От чего зависит ускорение грохота?
5. Конструктивный расчет виброгрохотов.

Лабораторная работа №6.

Гравитационные смесители.

Цель работы: Ознакомиться с конструкцией и основными параметрами лабораторного смесителя принудительного действия.

Задание:

1. Ознакомиться с конструкцией и рабочим процессом лабораторного смесителя принудительного действия.
2. Рассчитать оптимальные параметры смесителя.

Порядок выполнения:

Определить величину силы, действующей на вращающийся в смеси лопасти P , мощность двигателя N , эффективность смешивающего аппарата смесителя λ , а также максимальный диаметр чаши и производительность смесителя.

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назначение смесителя принудительного действия.
2. Конструкции смесителей принудительного действия.

3. Расчет основных параметров смесителей принудительного действия.

Лабораторная работа №7.

Гравитационные смесители циклического действия.

Цель работы: Ознакомиться с конструкциями гравитационных смесителей циклического действия и их основными параметрами.

Задание:

1. Ознакомиться с конструкцией и рабочим процессом лабораторного смесителя.
2. Рассчитать оптимальные параметры смесителя.

Порядок выполнения:

Определить мощность привода вращения барабана N_d и производительность P .

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назначение гравитационных смесителей циклического действия.
2. Конструкции смесителей.
3. Расчет основных параметров смесителей.

Лабораторная работа №8.

Гравитационные смесители непрерывного действия.

Цель работы: Ознакомиться с рабочим процессом гравитационных смесителей непрерывного действия и их основными параметрами.

Задание:

1. Ознакомиться с конструкцией и рабочим процессом лабораторного смесителя.
2. Рассчитать оптимальные параметры смесителя.

Порядок выполнения:

Определить мощность привода вращения барабана N_d и производительность P .

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назначение гравитационных смесителей непрерывного действия.
2. Конструкции смесителей.
3. Расчет основных параметров смесителей.

Практическое занятие №1.

Тема: Изучение конструкций и расчет основных параметров конусных дробильных машин.

Цель работы: Изучение конструкции и расчет основных параметров конусных дробильных машин.

Задание: По заданным характеристикам произвести расчет параметров конусных дробильных машин.

Порядок выполнения:

Конусная дробилка крупного дробления (рис. 1) состоит из корпуса, неподвижного наружного конуса, подвижного внутреннего конуса с верхним подвесом вала, привода и вспомогательных устройств. Корпус является ограждающим элементом машины, воспринимающим рабочие усилия и обеспечивающим необходимую

жесткость конструкции. Нижняя часть корпуса – станина 1, на нее устанавливаются три кольца – нижнее 2, среднее 6 и верхнее 15, которые соединены между собой болтами 16 и 5. К фланцу верхнего кольца прикреплен траверса 8. Внутренние поверхности корпуса футерованы пятью рядами сменных плит из высокомарганцовистой стали, образующими дробящую поверхность неподвижного конуса. Второй (снизу) ряд 4 плит имеет переход наклона образующей конуса, а нижний ряд 3 имеет наклон, близкий к вертикали, что улучшает условия измельчения и выхода материала. Лапы траверсы защищены от износа плитами 9. В средней части траверсы расположен узел подвески вала подвижного конуса, защищенный сверху колпаком 10. На главный вал 17 жестко насажен подвижный конус, футерованный дробящими плитами на цинковой заливке. Верхний конец вала 17 помещен в подвеске, а нижний – свободно вставлен в эксцентриковую втулку 19. Верхний подвес вала включает опорную втулку 13, обойму 12 и гайку 11. Смазка к подвеске подводится маслопроводом 7.

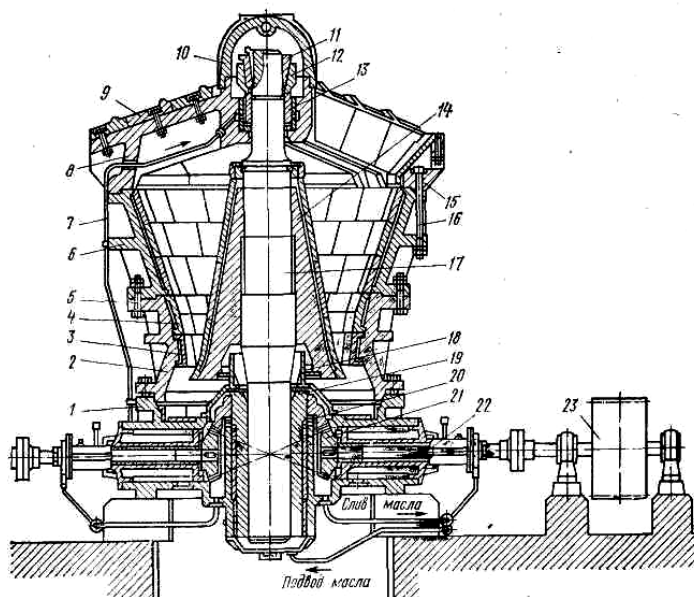


Рис. 1 - Схема конусной дробилки крупного дробления

На рис. 2 показана схема узла подвески. В центральной части траверсы под колпаком 1 имеется цилиндрическое гнездо, в котором установлены неподвижная втулка 6 и плоская опорная шайба 5. На опорную шайбу опирается конусная втулка 4. Положение втулки фиксируется обоймой 3 и разрезной гайкой 2. Последней можно регулировать высоту установки подвижного конуса и, следовательно, изменять ширину выходной щели дробилки. При работе дробилки конусная втулка 4 торцом обкатывается по шайбе 5, а конической поверхностью – по втулке 6, а так как вал подвижного конуса обкатывается также и вокруг своей оси, то втулка 4 одновременно проскальзывает по шайбе 5 и втулке 6. Эксцентриковая втулка 19 (см. рис. 1) вставлена в стакан эксцентрика 20, расположенный в центре станины. К эксцентриковой втулке прикреплена коническая шестерня 21, находящаяся в зацеплении с конической шестерней приводного вала 22, соединенного через муфту с приводным шкивом 23.

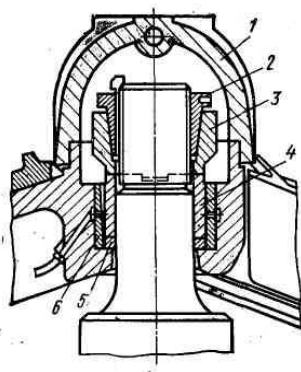


Рис. 2 - Схема узла подвески подвижного конуса

Эксцентриковый узел является наиболее нагруженным элементом дробилки. Для обеспечения нормальных условий работы наружную и внутреннюю поверхности втулки 19 заливают баббитом или устанавливают баббитовые или биметаллические вкладыши. Смазка трущихся поверхностей узла осуществляется от насосной станции по маслопроводу. Эксцентриковый узел защищает от попадания пыли (установка под подвижным конусом трех колец 18). Приводной вал устанавливается в разъемном корпусе, который может монтироваться без разборки других узлов машины. Втулка приводного вала и ступица приводного шкива соединены болтами, выполняющими роль предохранительного звена. При попадании в машину недробимых предметов болты срезаются, предохраняя поломку ответственных деталей машины. Наиболее крупные дробилки ККД оснащены двухдвигательным приводом. При этом один из двигателей предназначен для пуска дробилки под завалом (камера дробления заполнена материалом).

При работе дробилки нижний конец вала 17 описывает окружность, радиус которой равен эксцентриситету втулки, а геометрическая ось этого вала – коническую поверхность с вершиной в точке подвеса. При таком движении образующие подвижного конуса поочередно приближаются к неподвижному конусу, а затем удаляются от него, т. е. подвижный конус как бы обкатывается по неподвижному (через слой материала), производя непрерывное измельчение материала. При этом вал 17 не вращается. Однако в реальных условиях силы трения в кинематической паре вал – эксцентриковая втулка могут быть выше, чем в паре вал – коническая втулка в узле подвеса. Тогда подвижный конус начнет вращаться относительно вала 17 в том же направлении, что и эксцентриковая втулка. В зависимости от соотношения сил трения в этих парах частота вращения конуса относительно вала может меняться от 0 до частоты вращения эксцентриковой втулки.

Для повышения надежности работы предохранительного устройства, упрощения и облегчения регулирования ширины выходной щели и пуска машины под завалом, обеспечения дистанционного управления машиной в некоторых моделях ККД применяется гидроопора вала подвижного конуса. При этом нижний торец вала конуса опирается на скалку (короткий цилиндрический стержень), расположенную внутри полого поршня и вместе с ним перемещающуюся в гидроцилиндре. Конструкция такой опоры (рис. 3) состоит из цилиндра 2, поршня 3, скалки 6 и контактных деталей. Цилиндр с крышкой 1 и поршнем крепят болтами 9 к станине 10. В проточках поршня и торца вала устанавливают опорные шайбы 4 и 8, а также кольца 5 и 7. Шайбы контактируют с торцовыми поверхностями скалки, имеющими конусность, а внутренние поверхности колец – со сферическими боковыми поверхностями скалки. Трущиеся поверхности непрерывно смазываются и охлаждаются маслом. Для подъема поршня скалки и вала масло подается через сверления в крышке цилиндра. Изменяя положение поршня по высоте (за счет изменения давления в гидросистеме), можно регулировать зазор между подвижным и неподвижным конусами.

Недостатком рассмотренной конструкции является сложность монтажа и демонтажа опоры, поэтому более широкое распространение получила система с верхним гидравлическим подвесом, при котором опорная шайба вместе с закрепленной на конусе вала конусной втулкой может подниматься крестовиной, соединенной с плунжерами гидроцилиндров.

За основной параметр крупных конусных дробилок принимают ширину приемного отверстия. Дробилки в зависимости от типоразмера дробят куски горной породы от 400 до 1200 мм и имеют выходную щель 75...300 мм.

Степень уменьшения дробимого материала этих дробилок определяют отношением загрузочного отверстия B к разгрузочной щели e . Она колеблется в пределах:

$$\text{для дробилок ККД: } i = \frac{B}{e} = 5 \dots 8,$$

$$\text{для дробилок КСД: } i = \frac{B}{e} = 5 \dots 9.$$

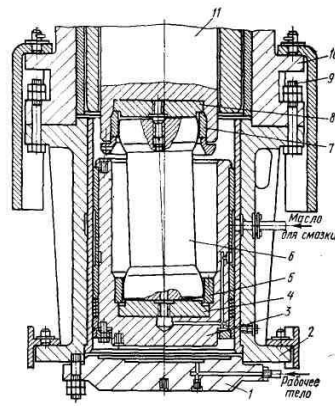


Рис. 3 - Схема гидравлической опоры подвижного конуса ККД

Фактически степень сокращения значительно ниже конструктивной и находится в пределах 2,5...4,0.

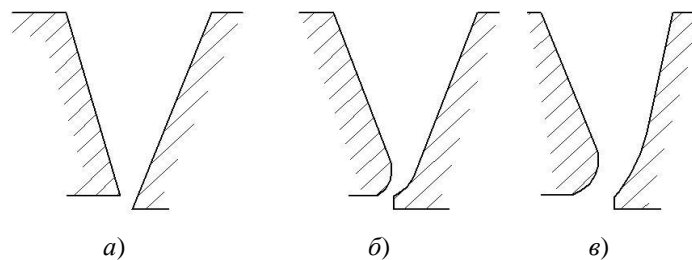


Рис. 4 - Профиль дробящего пространства крупноконусных дробилок:
a – прямолинейный; *б*, *в* – криволинейные

Профиль дробящего пространства в конусных дробилках может быть прямолинейным или криволинейным (рис. 4, *a–в*). Прямолинейный профиль имеет постоянный угол захвата по всей высоте. Пропускная способность в нижней точке дробящего пространства по сравнению с верхней меньше, вследствие чего происходит забивание выходного отверстия. При криволинейном профиле дробящего пространства угол захвата по высоте переменный, за счет смещения зоны с наименьшей пропускной способностью кверху обеспечивается большая производительность дробилки и исключается возможность забивания дробящего пространства материалом в зоне разгрузки.

Ширину загрузочного отверстия по заданному максимальному куску горной породы принимают (рис. 5) по уравнению

$$B = \frac{D}{0,7...0,8}, \quad (1)$$

где B – ширина загрузочного отверстия, м; D – максимальный размер куска дробимого материала, м.

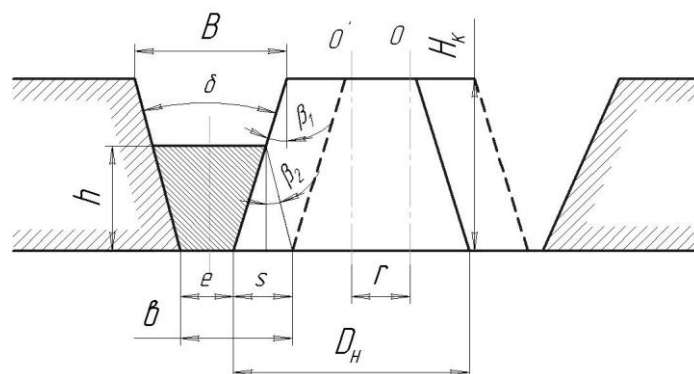


Рис. 5 - Расчетная схема для определения технологических параметров

Угол захвата α должен быть меньше двойного угла трения:

$$\alpha < 2\varphi; \quad \operatorname{tg} \varphi = f. \quad (2)$$

Здесь f – коэффициент трения кусков материала о поверхность футеровки ($f = 0,2 \dots 0,3$).

Угол захвата в дробилках с прямолинейным профилем принимают $\alpha = 22 \dots 24^\circ$. В дробилках с криволинейным профилем в зоне приемного отверстия α может достигать до 26° с постепенным уменьшением до $9 \dots 10^\circ$ в зоне разгрузочной щели.

Для длинноконусных дробилок угол захвата α равен $\beta_1 + \beta_2$.

Обычно для расчета выбирают $\beta_1 = \beta_2$.

Ширину разгрузочной щели b определяют, как и в щековых дробилках:

$$b = e + s_1 + s_2 = e + 2z, \quad (3)$$

$$s_1 = h \cdot \operatorname{tg} \beta_1; \quad s_2 = h \cdot \operatorname{tg} \beta_2; \quad s_1 \div s_2 = 2z, \quad (4)$$

где e – минимальная ширина разгрузочной щели, м; b – ширина разгрузочной щели, м.

Максимальный размер готового продукта d_{\max} , м, определяется по формуле

$$d_{\max} = 1,2b, \quad (5)$$

Откуда минимальный размер разгрузочной щели

$$e = b - 2z. \quad (6)$$

Здесь z – максимальный размер эксцентриситета, $z = (0,01 \dots 0,03)B$.

Высоту подвижного конуса H_k вычисляем по формуле

$$H_k = \frac{B - e}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta}, \quad (7)$$

где B – ширина загрузочного отверстия, м; e – минимальная ширина разгрузочной щели, м; β

– половина угла захвата, $\beta = \frac{\alpha}{2} = 11 \dots 12^\circ$.

Диаметр основания дробящего конуса

$$D_i = BK. \quad (8)$$

Здесь B – размер загрузочного отверстия, м; K – коэффициент подобия.

При определении коэффициента подобия за главный параметр принят размер загрузочного отверстия дробилки B :

$$K = \frac{D_i}{B}. \quad (9)$$

Для дробилок типа Аплес-Чалмерс с размером загрузочного отверстия дробилки от 700 до 1500 мм $K = (1,5 \dots 1,6)$, для отечественных дробилок $K = (1,8 \dots 2,8)$. Меньший показатель коэффициента подобия относится к крупным дробилкам, у которых $D_i \geq 700$ мм.

Окончательно диаметр основания дробящего конуса уточняют в процессе конструктивной разборки машины.

Диаметр вертикального вала в эксцентриковой втулке

$$D_1 = (0,35 \dots 0,4)D_i. \quad (10)$$

Остальные параметры находим по эмпирическим зависимостям:

$$D_2 = (0,25 \dots 0,27)D_i;$$

$$D_3 = (0,27 \dots 0,3)D_i; \quad H_6 = \frac{D_1 - D_3}{2} \cdot \operatorname{tg} \gamma;$$

$$h_1 = (0,2 \dots 0,3)H_6; \quad h_2 = (0,5 \dots 0,7)H_6; \quad (11)$$

$$h_3 = (0,5 \dots 0,6)H_6; \quad h_4 = (0,25 \dots 0,3)H_6;$$

$$\theta = 0,5 \dots 2^\circ; \quad \alpha = 19 \dots 23^\circ; \quad \gamma = 70 \dots 72^\circ.$$

Площадь призмы выпадения раздробленного материала ограничивается двумя коническими поверхностями подвижного конуса и неподвижного (рис. 6):

$$F = \frac{2e + s_1 + s_2}{2} \cdot h = \frac{2e + 2z}{2} \cdot h, \quad (12)$$

$$h = \frac{2r}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2}. \quad (13)$$

Произведя подстановку значений h , получим

$$F = \frac{2r(e+r)}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2} \quad \text{или} \quad F = \frac{2r(e+b)}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2}. \quad (14)$$

Объем выпадения раздробленного материала вычисляем по формуле

$$V = \pi D_{\text{cp}} F = \frac{2\pi D_{\text{cp}} r(e+r)}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2}, \quad (15)$$

где F – площадь поперечного сечения раздробленного материала, м^2 ; r – радиус эксцентриситета, м ; e – минимальная ширина разгрузочной щели, м ; b – ширина разгрузочной щели, м ; β_1 и β_2 – углы между образующими подвижного и неподвижного конусов;

V – объем призмы выпадения, м^3 ; D_{cp} – диаметр по среднему сечению призмы выпадения, м .

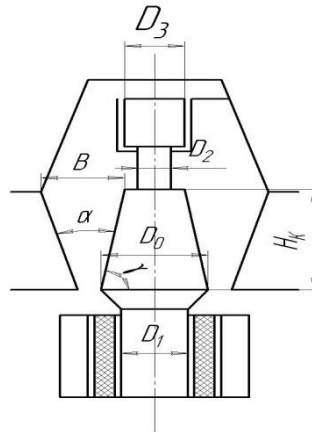


Рис. 6 - Основные габаритные размеры дробилки

Производительность дробилки

$$\Pi = 60Vn\mu = \frac{377D_{\text{cp}} n \mu r(e+r)}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2}. \quad (16)$$

Здесь n – число оборотов в минуту, $n = \sqrt[3]{\frac{0,75}{D_{\text{cp}}}}$; μ – коэффициент дробимости, $\mu = 0,45 \dots 0,6$; Π

– производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Число оборотов подвижного конуса определяют из условия свободного выпадения призмы высотой h за время t , соответствующее половине оборотов эксцентрика:

$$h = \frac{gt^2}{2},$$

откуда

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2,2r}{g(\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2)}}. \quad (17)$$

Так как $t = \frac{30}{n_{\text{к}}}$, имеем

$$n_{\text{к}} = 471 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2}{r}}, \quad (18)$$

где $n_{\text{к}}$ – число качаний конуса в минуту; g – земное ускорение $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; r – эксцентриситет, см .

Если значение r выражено в метрах и $n_{\text{к}}$ определяется в секундах, то формула (2.18) будет иметь вид

$$n_k = 0,78 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2}{r}}. \quad (19)$$

Мощность двигателя определяют, как и в щековых дробилках:

$$N = \frac{\pi \omega \sigma^2 D_{\text{cp}} (D^2 - d^2)}{1000 \cdot 24 \cdot E \cdot B}. \quad (20)$$

Здесь σ – предел прочности дробимого материала, МПа, $\sigma = 170$ МПа; E – модуль упругости дробимого материала, МПа, $E = 6,5 \cdot 10^4$ МПа; D_{cp} – средний диаметр, который равен диаметру наружного конуса; D – диаметр наибольших кусков, поступающих в дробилку, м; d – диаметр наибольших кусков готового продукта, м.

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются преимущества и недостатки конусных дробилок по отношению к щековым дробилкам?
2. Каким может быть профиль дробящего пространства?

Практическое занятие №2.

Тема: Вибрационные грохоты.

Цель работы: Изучение конструкции и расчет основных параметров вибрационных грохотов.

Задание: По заданным характеристикам произвести расчет параметров вибрационных грохотов.

Порядок выполнения:

Процесс разделения массы или смеси зерен природного происхождения на классы по крупности называется *грохочением* или *сортировкой*. Грохочение осуществляют механическим, гидравлическим, воздушным и магнитным способами. Наиболее распространен механический способ, при котором дробленую массу разделяют путем просеивания на грохотах. Основной частью грохота является просеивающая поверхность. Она выполняется в виде сита из плетеной или сварной сетки, а также решета, штампованного из листовой стали или литого из резины. Сита и решета должны быть износостойкими, сохранять в процессе работы неизменным размер отверстий, иметь большую площадь отверстий.

Различают грохочение предварительное, промежуточное, товарное (окончательное). Предварительное грохочение применяют для грубой сортировки на крупные и мелкие куски перед дробилками первичного дробления. При промежуточном грохочении из дробленого материала отделяются более крупные куски для направления в дробилки последующих стадий дробления. При окончательном грохочении материал разделяют на фракции в соответствии с требованиями стандарта. Разделение материала по крупности на фракции осуществляется в результате придания поверхности грохочения определенных по частоте и амплитуде колебаний, обеспечивающих эффективное встряхивание материала и прохождение зерен через просеивающие поверхности. На грохотах можно устанавливать до трех сит. Сита располагают в одной плоскости (грохочение от мелкого к крупному) или ярусами (грохочение от крупного к мелкому).

При грохочении от мелкого к крупному (рис. 1, а) грохот имеет конструкцию простую, удобную для осмотра и ремонта сит. Недостатками такой схемы являются большая длина грохота, интенсивный износ первого сита, низкое качество грохочения, так как мелкие частицы увлекаются более крупными. При грохочении от крупного к мелкому (рис. 1, б) достигаются высокое качество сортирования, более

равномерный износ сит, однако ухудшается возможность наблюдения за работой грохота. Комбинированная схема (рис. 1, в) по сравнению с другими занимает промежуточное положение и является наиболее распространенной.

При перемещении по просеивающей поверхности сит материал разделяется по крупности. Зерна материала, превышающие размер отверстий сит, сходят с поверхности грохочения, образуя верхний класс. Зерна материала, прошедшие через отверстия, называются *нижним классом*. Нижний класс каждого предыдущего сита является исходным материалом для следующего расположенного за ним сита. При движении материалов по ситам не все зерна размером меньше отверстия сита могут пройти через него. В результате верхний класс оказывается засоренным зернами нижнего класса. Отношение (в процентах) массы зерен, прошедших сквозь сито, к количеству материала такой же крупности, содержащегося в исходном материале, называют *эффективностью грохочения*. Эталонное значение эффективности грохочения в зависимости от материала и типа грохотов составляет 86...91 %.

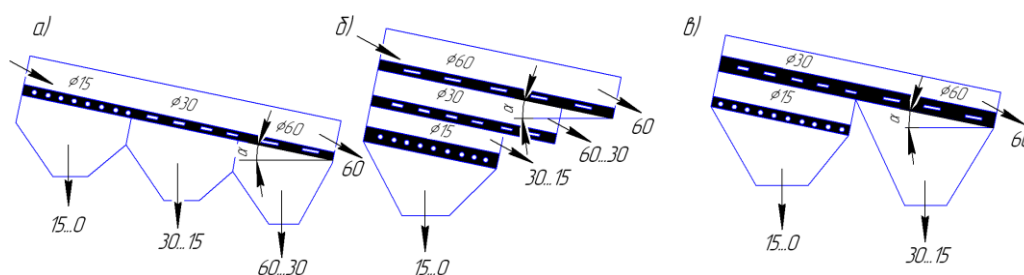


Рис. 1 - Схемы расположения сит на грохотах:

а – от мелкого к крупному; б – от крупного к мелкому; в – комбинированная

По исполнению и типу привода грохоты делят на неподвижные колосниковые, барабанные вращающиеся, эксцентриковые и инерционные виброгрохоты.

Неподвижные грохоты представляют собой колосниковые решетки из износостойкой стали с высоким ударным сопротивлением. Их применяют для предварительного грохочения.

Барабанные грохоты имеют наклонный, под углом 5...7°, вращающийся барабан, состоящий из секций с различными размерами отверстий. Загрузка осуществляется в секцию с меньшими размерами отверстий. При трехсекционном барабане получают четыре фракции щебня. Диаметры барабанов таких грохотов 600... 1000 мм при длине 3...3.5 м. Частота вращения грохота зависит от его диаметра и составляет 15...20 мин⁻¹. При большей частоте грохочение прекращается. Производительность их 10...45 м³/ч при мощности двигателя 1,7...4,5 кВт. В связи с низким качеством грохочения и большим расходом энергии барабанные грохоты имеют ограниченное применение.

Эксцентриковые грохоты (рис. 2, а) состоят из наклонного под углом 15...25° корпуса 1 с ситами 6 и 8, шарнирно подвешенного к шейкам приводного эксцентрикового вала 7 с дебалансами 5 и опирающегося на пружины 2. Вращение вала передается от электродвигателя 3 через клиноременную передачу 4. При такой подвеске корпус материала на его просеивающей поверхности получает круговые колебания с постоянной амплитудой, равной двойному эксцентриситету вала, при любой нагрузке. Эксцентриковые грохоты изготавливают с двумя ситами размером 1500×3750 мм и амплитудой колебаний 3...4,5 мм и частотой колебаний 800... 1400 в минуту.

Инерционные виброгрохоты делятся на инерционные наклонные (угол наклона сит 10...25°) и инерционные горизонтальные.

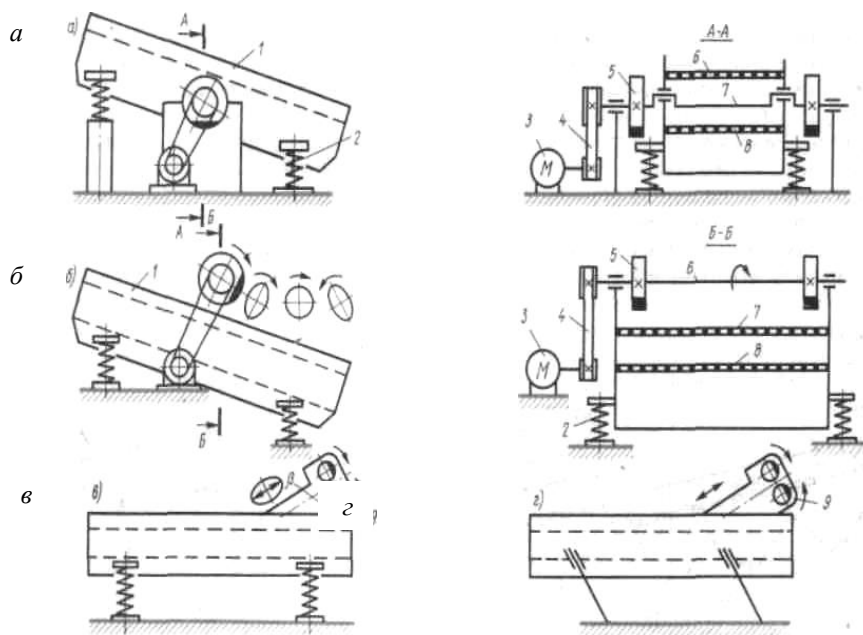


Рис. 2 - Схемы плоских грохотов:

а – эксцентриковый; *б* – инерционный наклонный; *в, г* – инерционный горизонтальный

Инерционный наклонный виброгрохот (рис. 2, *б*) имеет приводной механизм, представляющий собой вал *б* с дебалансами *5*, опертый на два подшипника, корпуса которых укреплены в стенках корпуса *1*. Короб с ситами *7* и *8* опирается на основание через упругие связи *2*.

Форма колебаний зависит от расположения неуравновешенных масс и способа подвески корпуса. Они могут быть круговыми, эллиптическими или прямолинейными (грохоты с пластинчатыми рессорами). Наиболее эффективны грохоты на пружинных опорах. Регулирование амплитуды колебаний достигается сменными дебалансами. В отличие от эксцентриковых в инерционных грохотах с увеличением нагрузки амплитуда колебания корпуса уменьшается автоматически, защищая конструкцию от перегрузок. Такие грохоты применяют для тяжелых условий работы при товарном грохочении, а также для предварительного грохочения крупнокусковых материалов перед первичным дроблением (вместо сит устанавливают колосниковые решетки в один ярус). Размеры просеивающей поверхности сит 1750×1450 мм, частота вращения вала вибратора порядка 800 мин^{-1} , амплитуда колебаний $3,7 \dots 4,5$ мм.

Эффективное сортирование достигается с вибраторами направленного действия (рис. 2, *в, г*). Инерционный горизонтальный виброгрохот имеет вибровозбудитель прямолинейно направленных колебаний *9*, смонтированный на коробе с ситами. Возбудитель состоит из двух параллельно расположенных дебалансных валов, синхронно вращающихся в разных направлениях. Возмущающая сила такого вибратора направлена по прямой перпендикулярной линии, соединяющей центры дебалансных валов, и изменяется по закону синуса. Угол действия между возмущающей силой и плоскостью сит составляет $35 \dots 45^\circ$. Короб с ситами опирается на основание через вертикальные пружины. Размеры просеивающей поверхности сит таких грохотов 1250×3000 мм, частота колебаний $500 \dots 700$ в минуту, амплитуда колебаний $8 \dots 12$ мм, мощность приводного двигателя $5,5$ кВт. Горизонтальные виброгрохоты с направленными колебаниями обеспечивают большую удельную производительность и лучшее качество грохочения по сравнению с наклонными (рис. 3).

Техническая производительность грохотов, $\text{м}^3/\text{ч}$, при промежуточном и окончательном грохочении

$$\Pi_T = qAk_1k_2k_3, \quad (1)$$

где q – удельная производительность 1 м^2 сита для определенного размера отверстий (для отверстий от 5 до 70 мм изменяется от 12 до 82 $\text{м}^3/\text{ч}$); A – площадь сита, м^2 ; k_1 – коэффициент, учитывающий угол наклона грохота (для горизонтальных грохотов с направленными колебаниями $k_1 = 1,0$; для наклонных при угле наклона $9...15^\circ - 0,45...1,54$); k_2 – коэффициент, учитывающий содержание в данном продукте зерен нижнего класса (при содержании 10...90% соответственно 0,58...1,25); k_3 – коэффициент, учитывающий содержание в нижнем классе зерен меньше 1/2 размера отверстий сит (при содержании 10...90% соответственно 0,63...1,37).

При приближенных расчетах можно определять производительность грохота как производительность желоба с определенной пропускной способностью

$$\Pi_T = 3600bh\vartheta k_p, \quad (2)$$

где b – ширина сита, м; h – толщина слоя сортируемого материала, м (принимается равной размеру поступающих на сито кусков); $\vartheta = 0,05...0,25 \text{ м/с}$ – скорость движения материала вдоль желоба; $k_p = 0,4...0,5$ – коэффициент разрыхления материала.

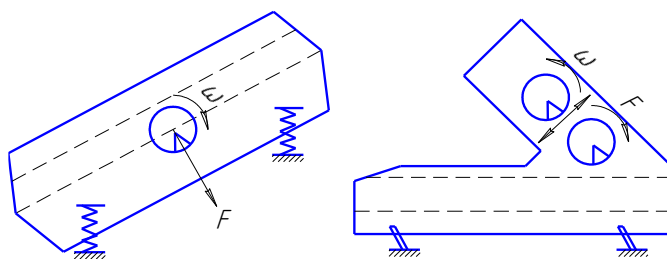


Рис. 3 - Схема вибрационного грохота

Для расчета параметров вибрационного грохота необходимо определить:

– ширину поверхности качения, м,

$$B = \sqrt{\frac{Q}{qK \cdot 2,5}}, \quad (3)$$

где Q – производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$; $q = 12...82 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ – удельная производительность грохота;

– длину поверхности грохочения, м,

$$L = (2...2,5) \cdot B; \quad (4)$$

– размер отверстий, м,

$$l = pl_{\text{гр}}, \quad (5)$$

где p – коэффициент, учитывающий форму отверстий (для прямоугольных $p = 0,8...0,1$, для круглых $p = 1,15...1,25$); $l_{\text{гр}}$ – граница разделения фракций (размер отверстий), м (для наклонных сит $l_{\text{гр}}$ выбирается по наиболее нагруженному ситу);

– площадь грохочения

$$S = BL; \quad (6)$$

– производительность грохота

$$Q = qSK_1K_2K_3m, \quad (7)$$

где K_1, K_2, K_3, m – коэффициент, зависящий от угла наклона грохота, состава и формы материала, неравномерности питания;

– амплитуду виброперемещений:

наклонный грохот $\dot{a} = 0,00052 \cdot S \cdot \cos \alpha \dot{\iota}$;

горизонтальный грохот $\dot{a} = 0,0004 + 0,14l \dot{\iota}$;

где α – угол наклона грохота, $\alpha = 0...30^\circ$;

– угловую частоту колебаний, рад/с,

$$\omega = \frac{S \cdot \sqrt{l \cos \alpha}}{a}, \quad (8)$$

где $s = 2,8$ – для наклонных, $s = 4,88$ – для горизонтальных грохотов;
– усилия, действующие в конструкции, и жесткость упругих опор:

а) центробежная сила вибровозбудителя

$$F = 70\pi BLna\omega^2, \quad (9)$$

где $\pi = 0,4 \dots 0,8$ – коэффициент массы; n – число сит;

б) масса вибрирующих частей грохота, Н,

$$m = 70\pi BLn, \quad (10)$$

где $\pi = 0,4 \dots 0,8$ – коэффициент массы; n – число сит;

в) жесткость упругих опор, Н/м,

$$C = m\omega_0^2. \quad (11)$$

В резонансном режиме $\omega = (7 \dots 10)\omega_0$.

– мощность двигателя, кВт,

$$P = \frac{F\omega}{2\eta} \left(\frac{a}{u} + \mu d \right), \quad (12)$$

где μ – коэффициент трения качения ($\mu = 0,0001 \dots 0,0005$); d – диаметр дебалансного вала, $d = 0,05 \dots 0,08$ м; u – коэффициент направленности вибрации ($u = 1$ – для наклонных с круговыми колебаниями; $u = 2$ – для горизонтальных с направленными колебаниями); η – КПД привода ($\eta = 0,8 \dots 0,9$); a – амплитуда виброперемещений.

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Классификация вибрационного грохота.
2. Принцип работы вибрационного грохота.
3. Схемы вибрационного грохота.
4. Достоинства и недостатки вибрационного грохота.

Практическое занятие №3.

Тема: Дробильно-сортировочные заводы и установки.

Цель работы: Освоение методики подбора и расчета режимов работы дробильно-сортировочных машин.

Задание: По заданным характеристикам произвести подбор и расчет режимов работы дробильно-сортировочных машин

Порядок выполнения:

На дробильно-сортировочных заводах по производству щебня выполняются следующие основные операции: дробление, сортировка, обогащение, складирование щебня и утилизация отходов.

Технологические схемы дробильно-сортировочных заводов определяются характером исходной горной массы, требованиями к готовому продукту, номенклатурой выпускаемого оборудования, мощностью и назначением предприятия. Они должны быть «гибкими» и давать возможность варьировать характеристиками щебня за счет изменения режимов работы оборудования, а также обеспечивать высокое качество щебня при минимальных капитальных затратах и эксплуатационных расходах.

В современных производствах щебня применяются, как правило, многостадийные технологические схемы, при которых создаются лучшие условия использования дробилок и обеспечивается высокое качество продукции.

Для учебных целей, когда важно изучить методику расчета и подбора оборудования, можно ограничиться разработкой двух- трех стадийных схем производства, полагая, что перерабатывается однородная, не загрязненная глинистыми включениями горная масса, не требующая операций промывки. Обогащение щебня в этих условиях сводится к удалению карьерных отходов и сортировке. На рис.1 показана двухстадийная технологическая схема производства щебня с замкнутым циклом работы дробилки второй стадии дробления. На схеме все грузопотоки продуктов нумеруются буквой m с индексами арабскими цифрами, а операции - римскими цифрами. Исходная горная масса m_1 , доставленная из карьера, подвергается предварительной сортировке на грохоте I, где из нее отбирается карьерная - m_2 . Остальная горная масса m_3 направляется в дробилку первой стадии дробления II. Раздробленный материал m_4 поступает на односитовый промежуточный грохот III. На этой операции из продукта дробления отсеивается щебень m_5 (размером меньше максимального куска щебня по заданию α_{\max}), который направляется на грохот окончательной сортировки VI. Остальная масса m_6 поступает в дробилку IV, где подвергается вторичному дроблению. Продукт дробления m_7 поступает на второй промежуточный грохот V, где из него отсеивается щебень m_8 размером d_{\max} , который направляется на грохоты окончательной сортировки VI. Если в продукте m_7 имеются куски размером больше d_{\max} в количестве 3-4%, то эта часть m_8 материала должна подвергнуться додобраливанию. В рассматриваемой схеме она снова направлена во вторичную дробилку IV. Работа вторичной дробилки в замкнутом цикле возможна при условии достаточности ее производительности на переработку этого дополнительного потока материала. В противном случае следует применить трехстадийную схему производства. Грохот окончательной сортировки VI разделяет щебень на товарные фракции : $m_{11}(от0-10мм)$; $m_{12}(10-20мм)$; $m_{13}(20-40мм)$; $m_{14}(40-70мм)$.

Таблица 1

Исходные данные для заданий

№ заданий	Производительность П, м ³ /ч	Дробный материал			Наибольший размер щебня d , мм	Примечание
		Наименование	Предел прочности и на сжатие σ_c , МПа	Наибольший размер D, мм		
1	75	Гранит	130	340	40	
2	200	Кварц	140	400	40	
3	160	Песчаник	100	450	70	
4	70	Известняк	80	300	40	
5	600	Мрамор	64	900	40	
6	300	Гранит	140	500	40	
7	230	Диабаз	150	800	70	
8	100	Мергель	80	600	70	
9	60	Пронит	120	350	40	
10	35	Известняк	64	300	40	
11	120	Гранат	135	600	70	
12	60	Известняк	80	420	40	
13	115	Кварцит	160	700	40	

14	140	Мрамор	100	550	40	
15	100	Мергель	100	600	70	
16	300	Гранит	140	800	70	
17	100	Диабаз	150	650	40	
18	40	Известняк	70	390	40	
19	500	Кварц	125	1000	70	
20	80	Мергель	60	300	40	
21	20	Гранит	130	300	70	
22	50	Диабаз	140	380	40	
23	120	Известняк	73	500	40	
24	600	Гранит	100	1100	70	
25	30	Диабаз	130	320	40	
26	320	Известняк	100	640	40	
27	350	Мрамор	64	1000	40	
28	150	Мрамор	120	550	40	

**Двухстадийная технологическая схема
производства с замкнутым циклом
вторичного дробления**

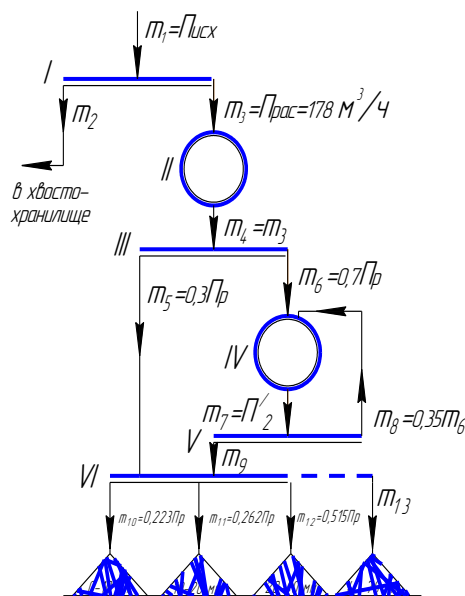


Рис. 1

Число стадий дробления является основным показателем, характеризующим технологический процесс, и определяется заданными условиями производства и возможностями дробильных машин, т.е. рассчитывается через общую и частные степени измельчения.

Общая степень измельчения $i_{\text{общ}}$, в первом приближении, рассчитывается по формуле:

$$i_{\text{общ}} = \frac{D_{\text{max}}}{d_{\text{max}}}; \tag{1}$$

где D_{max} - максимальный размер камня в исходной горной массе, мм
 d_{max} - наибольший размер щебня, мм.

Частные степени дробления, получаемые в основных типах дробилок, имеют следующие значения.

Тип дробилки	Степень измельчения
Щековые и конусные крупного дробления	3 - 5
Конусные среднего и мелкого дробления: в открытом цикле	3 - 6
в замкнутом цикле	4 - 7
Дробилки ударного действия	4 - 12

Сопоставляя рассчитанное значение $i_{i\dot{a}i}$ с частными значениями степеней измельчения отдельных машин, определяют число стадий дробления и выбирают соответствующую технологическую схему, которая в ходе последующих расчетов уточняется и снабжается количественными значениями грузопотоков материалов, направляемых в соответствующие машины.

Трехстадийная технологическая схема производства

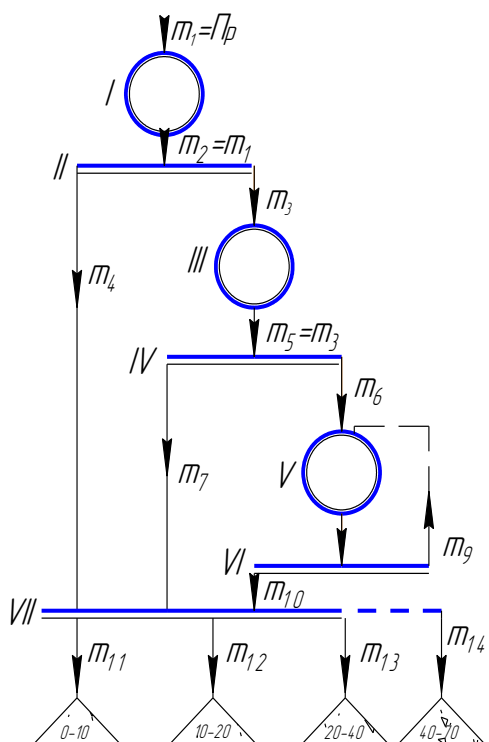


Рис. 2

Рекомендуется следующая последовательность расчетов и подбора дробилок. В зависимости от дробимой породы и в соответствии с вышеизложенными рекомендациями, выбирается (по двум вариантам) тип дробилок первой стадии дробления.

Выбор конкретной марки (модели) машины производится по расчетной производительности и в зависимости от заданного максимального размера камня в исходной горной массе. Первоначальный выбор дробилки следует сделать по допустимому для нее максимальному размеру загружаемого куска, а затем проверить достаточность ее производительности. Принимаемая дробилка должна иметь производительность несколько большую, чем расчетная производительность предприятия $P_p (м^3 / ч)$

$$P_p = \frac{P_{зад} \cdot K_u}{K_u}, \quad (2)$$

где $P_{зад}$ - заданная производительность, м³/ч;

\hat{E}_i - коэффициент неравномерности подачи горной массы ($\hat{E}_i \approx 1,1 - 1,15$);

\hat{E}_E - коэффициент использования оборудования по времени ($\hat{E}_E \approx 0,8 - 0,85$).

Если одна дробилка не обеспечивает нужной производительности, то принимается двухлинейная схема завода.

Расчеты по двум вариантам необходимо вести параллельно на всех стадиях работы и результаты фиксировать в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2

Техническая характеристика дробилок 1-й стадии

Показатели	Единица измерения	Вариант	
		«А»	«Б»
Марка (модель)	-		
Размер загрузочного отверстия	мм		
Максимальный размер загружаемого камня	мм		
Диапазон регулирования выходной щели	мм		
Диапазон производительности	м ³ /ч		
Мощность двигателя	кВт		
Масса	т		
Цена	руб		

Далее необходимо рассчитать размер выходной щели подобранных дробилок и гранулометрический состав продукта дробления. Выходная щель должна быть максимальной и обеспечивать расчетную производительность.

Зависимость между производительностью и размером выходной щели e_1 линейная. Определение размера e_1 можно производить по графикам для соответствующих дробилок. Принимая на вертикальной оси нужные значения $\dot{V}_{зад}$, на горизонтальной оси определяем значение e_1 .

Щебень для строительства имеет следующую градацию фракций: 0-3(5); 3-10; 10-20; 20-40; 40-70 мм.

Определение процента содержания каждой фракции для щековых и конусных дробилок производится по типовым графикам грануло состава. На этих графиках для щековых и конусных дробилок размер щебня (горизонтальная ось) дан в долях от выходной щели дробилки e_1 , поэтому нужно выразить границы фракций в виде соответствующих отношений.

Методика определения гранулометрического состава щебня пояснена на ниже проводимом примере.

Допустим, в варианте «А» используется щековая дробилка с рассчитанной выходной щелью $e_1 = 90$ мм, а в варианте «Б» - конусная дробилка с $e_1 = 75$ мм.

Техника определения зернового состава по типовым графикам грануло состава следующая: на горизонтальной оси берется отношение $\frac{d}{e_1}$, соответствующее определяемой

фракции, из этой точки восстанавливается перпендикуляр до пересечения с кривой и на вертикальной оси определяется «остаток» (процент щебня, не прошедший сквозь соответствующее контрольное сито).

Расчет зернового состава щебня, полученного в дробилках 1-й стадии

Фракция щебня d_i , мм	Вариант «А»		Вариант «Б»	
	$\frac{d_i}{l_{1A}}$	Процентное содержание фракции	$\frac{d_i}{l_{1B}}$	Процентное содержание фракции
0-3	$\frac{3}{90} = 0,036$	100-99,6=0,4	$\frac{3}{75} = 0,04$	100-98,7=1,3
3-10	$\frac{10}{90} = 0,11$	99,6-96=3,6	$\frac{10}{75} = 0,13$	98,7-88=10,7
10-20	$\frac{20}{90} = 0,22$	96-86=10	$\frac{20}{75} = 0,27$	88-77=11
20-40	$\frac{40}{90} = 0,45$	86-70=16	$\frac{40}{75} = 0,54$	77-54=23
Более 40	-	70	-	54
ИТОГО	-	100	-	100

Зерновой состав щебня, получаемого в ударных дробилках, рассчитывается в следующем порядке. Определяется средневзвешенный размер щебня $d_{\bar{n}a}$ в зависимости от устанавливаемого размера выходной щели l_1 по графику. Затем, по графику, используя ближайшую кривую $d_{\bar{n}a}$, определяется процентное содержание фракций. На горизонтальной оси графиков отложены размеры щебня в абсолютном выражении, поэтому пересчета $\frac{d}{l}$ не требуется.

Дробилки 2-1 стадии дробления подбираются аналогично, т.е. по крупности загружаемого камня и потребной производительности. Максимальный размер камня, выходящего из предыдущей дробилки, будет предельным для последующей дробилки, он рассчитывается по формуле

$$d_{2\max} = l_1 \cdot \varphi, \quad (3)$$

где l_1 - размер выходной дробилки 1-й стадии;

φ - коэффициент, численно равный значению абсциссы (на графиках зернового состава) в точке пересечения с ней соответствующей кривой.

Например, для варианта «А» $l_1=90$ мм, а $\varphi=1,8$, тогда $d_{2\max} = 90 \cdot 1,8 = 160$ мм.

Если возникают затруднения в подборе дробилки для второй стадии из-за размера $d_{2\max}$, то можно, допуская 5% негабарита, использовать пересечение кривой с пунктирной линией. Тогда $\varphi_2 = 1,48$ и $d_{2\max} = 90 \cdot 1,42 = 128$ мм.

При использовании на первой стадии ударных дробилок, φ определяется точкой пересечения соответствующей кривой средневзвешенного размера щебня с осью абсцисс.

Потребная производительность дробилок 2-й стадии P_2 равна той доле материала, выходящего из дробилки 1-й стадии, крупность которого превышает максимальный размер щебня по заданию.

Например, согласно гранулосоставу щебня после первичного дробления (см. табл. 3), в варианте «А» фракции размером более 40 мм имелось 70%, тогда

$$P_2 = 0,7 \cdot P_{\text{расч}}, \quad (4)$$

Технические показатели подобранных дробилок для второй стадии необходимо зафиксировать также в виде таблицы (по форме табл.2). Выходная щель дробилки 2-й стадии дробления во избежание многостадийного дробления должна быть минимальной и обеспечивать выполнение определенных требований к товарному продукту.

Можно, например, задать такой размер выходной щели вторичной дробилки, при котором из нее не будет выходить щебень крупнее заданного d_{\max} , и тогда не потребуется додробления сверхгабарита в 3-й стадии (или замкнутого цикла дробилки 2-й стадии).

Для поставленного условия необходимая выходная щель вторичной дробилки будет равна

$$l_2 = \frac{d_{\max}}{\varphi_2}, \quad (5)$$

Значения φ_2 определяется по графикам гранулометрического состава для соответствующего типа дробилок в точке пересечения кривой с осью абсцисс. Но при выполнении этого условия обычно получается сверхнормативное количество пылевидных фракций 0-3 мм. Техническими условиями на качество щебня допускается не более 5% этой фракции в общей массе щебня. Для того, чтобы избежать операции по извлечению пыли из щебня, следует задать выходную щель из условия не превышения 4% фракции 0-3 мм в общей массе (1% резервируется на некоторый объем пылевидных фракций, уже полученных в дробилке 1-й стадии).

Техника расчета величины l_2 в этом случае следующая.

Например, при использовании для вторичного дробления конусных дробилок для среднего дробления, по графику гранулометрического состава для этого типа машин из точки, соответствующей 96% остатку фракции на сите 3 мм, проводим горизонтальную линию до пересечения с кривой и, проектируя эту точку на ось абсцисс, получаем соответствующее значение $\frac{d}{l_2} = 0,08$.

Отсюда, размер выходной щели вторичной дробилки, при которой фракции $d \leq 3$ мм будут не более 4%, составит:

$$l_2 = \frac{d}{0,08} = \frac{3}{0,08} = 38 \text{ мм.}$$

Зерновой состав щебня, получаемого во вторичной дробилке, рассчитывается также, как и дробилок 1-й стадии (по соответствующим типовым градиентам грануло состава).

Например, при принятой величине $l_2 = 38$, определяются сначала отношения $\frac{d_i}{l}$ и по графику определяется зерновой состав щебня. По аналогии с первой стадией дробления результаты расчетов следует представить в табл. 4.

Таблица 4

Зерновой состав щебня, полученного в дробилке 2-й стадии

Фракции щебня, мм	Вариант «А»		Вариант «Б»	
	$\frac{d_i}{l_2}$	Процентное содержание фракции	$\frac{d_i}{l_2}$	Процентное содержание фракции
0-3	$\frac{3}{38} = 0,08$	100-96=4		
3-10	$\frac{10}{38} = 0,26$	96-83=13		
10-20	$\frac{20}{38} = 0,54$	83-68=15		
20-40	$\frac{40}{38} = 1,05$	68-35=33		
Более 40		35		
ИТОГО		100		

Расчет показывает, что 35% щебня, выходящего из вторичной дробилки, требует дополнительного додробления. Если позволяет производительность вторичной дробилки,

можно принять схему ее работы в замкнутом цикле. Для этого определяется нагрузка на вторичную дробилку с учетом возврата в нее на додробление некоторого потока щебня m_8 (см. схему рис.1)

$$P'_2 = \frac{P_2}{1 - m_8}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (6)$$

где P_2 - первоначальная загрузка дробилки;

m_8 - поток щебня (в долях от потока m_6), направляемого на додробление (в нашем примере $m_8=0,35$).

Если дробилка на второй стадии не обеспечивает производительности P'_2 при работе на выходной щели l_2 (в нашем примере $l_2=38$ мм), то следует принять к установке дробилку большего параметра или перейти на трехстадийную схему.

Грохоты рассчитываются и подбираются только для одного выбранного (лучшего) варианта. Перед расчетом грохотов необходимо полностью отработать технологическую схему, нанеся на нее сведения о гранулоосоставе и потоках материала.

Расчет грохотов состоит в определении необходимой полезной площади сит, выборе марки грохота и их качества.

Для предварительной сортировки горной массы применяются колосниковые грохоты (типа ГИТ). На операциях промежуточной (контрольной) сортировки используются односитовые грохоты с размерами ячеек сит равными d_{\max} . В цехе окончательной сортировки следует применять, в зависимости, от числа фракций щебня, двух- или трехситовые (число сит в грохоте должно быть на единицу меньше числа фракции). Подбор грохотов производится по необходимой суммарной площади сита.

Расчетная потребная площадь сита грохота F_p (м^2), исходя из формулы его производительности,

$$F_p = \frac{\dot{I}_i}{\delta \cdot q \cdot k_1 \cdot k_2}, \quad (15)$$

где \dot{I}_i - нагрузка на рассчитываемое сито, $\text{м}^3/\text{ч}$;

δ - коэффициент, зависящий от вида дробимого материала и угла наклона грохота; при сортировке щебня на наклонном грохоте $\delta=0,4$;

q - производительность 1 м^2 сита данных размеров ячеек;

k_1 - коэффициент, зависящий от процентного содержания в исходном материале зерен, размер которых меньше ячейки сита;

K_2 - коэффициент, зависящий от процентного содержания в продукте, который прошел под сито, зерен размером меньше $\frac{1}{2}$ (половины) ячейки сита.

Для определения нагрузок на сита грохотов следует использовать количественные данные о грузопотоках, помеченные на технологической схеме производства.

Например, согласно схеме рис. 1, нагрузка на 1-й промежуточный грохот III составляет $\dot{I}_\delta = 178 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Размер ячеек сита принимаем равным $d_{\max} = 40$ мм. Тогда по графику рис. 9 $q = 62 \text{ м}^3/\text{ч}$; фракций размером от 0 до 40 мм в щебне имеется 30%. Тогда $\hat{E}_1 = 0,77$ (по графику рис. 10). По результатам расчета гранулометрического состава щебня после 1-й стадии дробления (см. табл. 3) в продукте, прошедшем сквозь сито, имеется 14% зерен размером меньше половины размера ячеек сита, т.е. от 0 до 20 мм. Для расчета K_2 выразим это количество щебня в % от всего подситового продукта, т.е. примем 30% за 100, 14% - за x .

Тогда

$$x = \frac{14 \cdot 100}{30} = 47\% .$$

По этой величине на графике определяем значение $\hat{E}_2 = 0,96$.

Необходимая площадь сита первого промежуточного грохота

$$F_p = \frac{178}{0,4 \cdot 62 \cdot 0,77 \cdot 0,96} = 9,7 \text{ м}^2.$$

При выборе грохота, установленного после первичной дробилки, следует обратить внимание на максимально допустимую для него крупность кусков. В нашем примере, максимальная крупность камней, выходящих из первичной дробилки, $d_2 = 160$ мм.

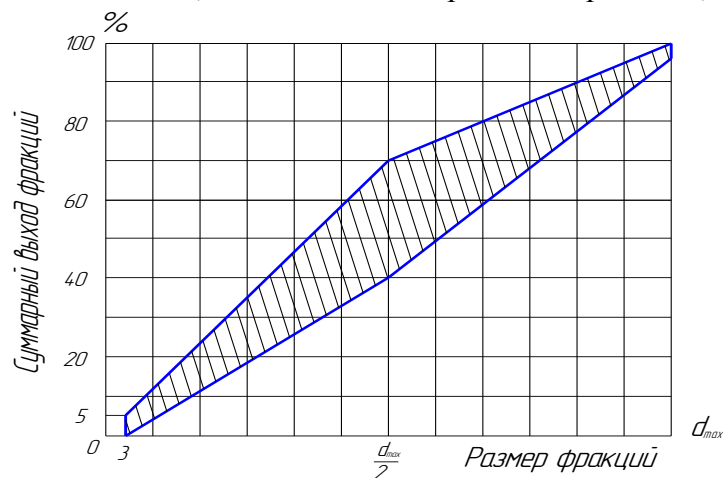


Рис. 8. Предельные соотношения фракций щебня

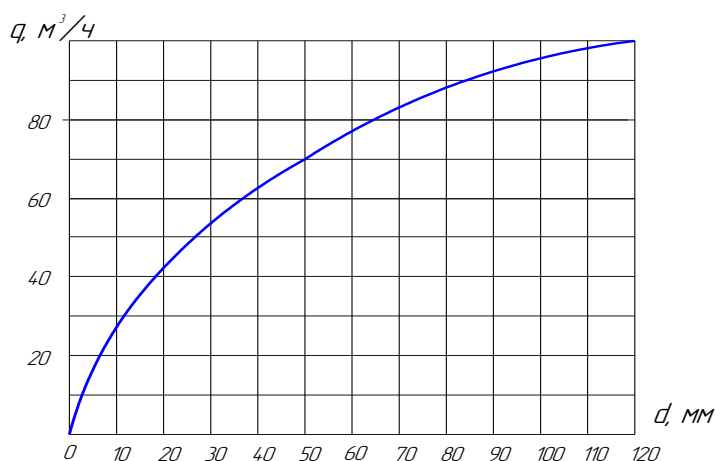


Рис. 9. Производительность сит грохотов в зависимости от размера ячеек

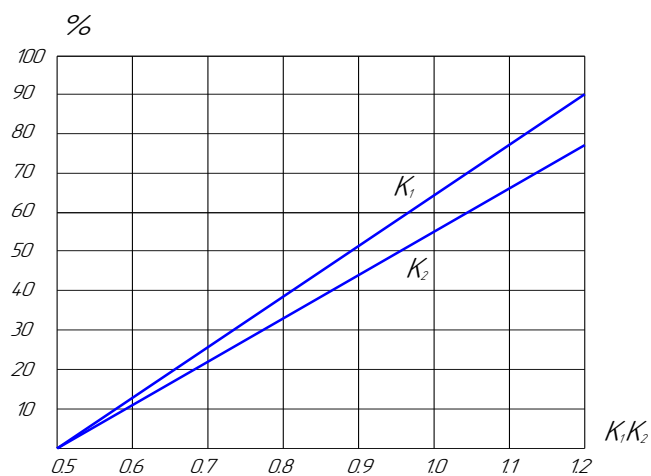


Рис. 10. График для определения коэффициентов K_1 и K_2

Принимаем для этого поста сортировки два грохота С-690 с суммарной площадью сит $F_p = 9,0 \text{ м}^2$.

В таком же порядке рассчитывается и подбирается промежуточный грохот $у$, установленный после вторичной дробилки. Нагрузкой на него является грузопоток m_7 , равный потоку материала, проходящему через вторичную дробилку \dot{I}'_2 . Для определения коэффициента \hat{E}_1 и \hat{E}_2 используются данные о гранулометрическом составе щебня, производимого вторичной дробилкой (см. таблица 4). В грохоте окончательной сортировки рассчитывается отдельно площадь каждого сита, и марка грохота выбирается по наибольшему из них.

Полезно составить отдельно количественную схему грузопотоков на ситах этого грохота. При этом следует объединить фракции 0-3 мм и 3-10 мм в один сорт, так как мы выполнили условие того, что фракции 0-3 мм имеют менее 5%.

В нашем примере, при заданном максимальном размере щебня $d_{\max} = 40$ мм, общую массу щебня необходимо рассортировать на три фракции: 0-10; 10-20; и 20-40 мм. Поэтому будем иметь грохот с двумя ситами с размерами ячеек 20 и 10 мм.

Нагрузка на верхнее сито с ячейками 20 мм.

$$\dot{I}_{20} = \dot{I}_{\text{дан}} = 178 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Исходя из окончательного суммарного гранулометрического состава щебня (см. таблица 5), на рис. 11 намечены грузопотоки фракций на грохоте. В поступающей смеси имеется 48,5% зерен нижнего класса. Тогда по графику рис. 10 $K_1 = 0,89$. Принимая прошедший под верхнее сито поток 48,5% за 100%, и учитывая, что в этом потоке имеется 22,3% зерен меньше половины ячейки верхнего сита (т.е. меньше 10 мм), что принимается за искомое x , решаем пропорцию

$$x = \frac{22,3 \cdot 100}{48,5} = 46\%$$

По этому значению, пользуясь графиком рис. 10, находим значение $K_2 = 0,95$. Для сита с ячейками 20 мм $q = 43 \text{ м}^3/\text{ч}$ (по рис. 10). Необходимая площадь сита

$$F_{20} = \frac{178}{0,4 \cdot 43 \cdot 0,89 \cdot 0,95} = 12,3 \text{ м}^2.$$

Нагрузка на нижнее сито составляет

$$P_{10} = 0,485 \cdot P_{\text{расч}} = 0,485 \cdot 178 = 86,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Производительность 1 м^2 сита с ячейками 10 мм $q = 28 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В общем объеме щебня содержится 22,3% фракции 0-10 мм (т.е. зерен нижнего класса для сита 10 мм), что составляет 46% от поступающего на это сито материала (см. ранее решенную пропорцию). По этому значению определяем по графику (см. рис. 10) величину $K_1 = 0,88$.

Для определения K_2 следовало бы рассчитать, сколько в подситовом продукте имелось (в %) зерен размером 0-5 мм. Поскольку мы в окончательном грануло-составе щебня такой фракции не рассматривали, можно без большой погрешности принять $K_2 = 1$, полагая, что в подситовом продукте содержится 50% зерен меньше 5 мм.

Необходимая площадь сита

$$F_{10} = \frac{86,5}{0,4 \cdot 28 \cdot 0,88 \cdot 1,0} = 8,8 \text{ м}^2.$$

Из расчетов следует, что лимитирующим является верхнее сито с потребной площадью $F_{20} = 12,3 \text{ м}^2$, по которому производим подбор грохотов.

Принимаем для этого поста сортировки два двухситовых грохота марки С-785 с полезной площадью сит $7,9 \text{ м}^2$ каждый.

Схема грузопотоков щебня на грохоте окончательной сортировки

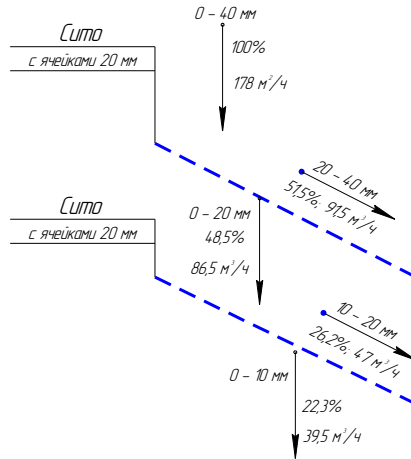
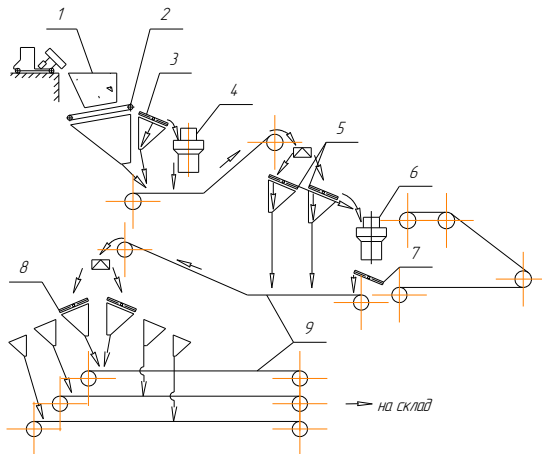


Рис. 11

Схема цепи оборудования дробильно-сортировочного завода



- 1 - приемный бункер; 2 - пластичный питатель; 3 - колосниковый грохот;
 4 - дробилка ККД-700; 5 - грохоты С-690; 6 - дробилка КСД-1750 Гр;
 7 - грохот С-784; 8 - грохоты С-785; 9 - ленточные транспортеры

Рис. 12

После подбора грохотов и уточнения всех расчетов, необходимо вычертить в чистовом варианте технологическую схему производства, пометив на ней все качественные и количественные характеристики грузопотоков материалов.

Затем выполняется схема цепи оборудования дробильно-сортировочного завода (рис. 12).

В подрисуночных подписях должен быть дан перечень всех позиций с указанием марок машин.

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Принцип подбора оборудования дробильно-сортировочных заводов.

Практическое занятие №4.

Тема: Гравитационные смесители циклического действия

Цель работы: Изучение принципа работы гравитационных смесителей циклического действия.

Задание: По заданным характеристикам произвести расчет основных параметров гравитационных смесителей циклического действия

Порядок выполнения:

Гравитационные смесители циклического действия применяют для приготовления бетонной смеси. Любая смесительная машина состоит из смесительной емкости, рабочих органов с их приводом, загрузочных и выгрузочных устройств. Смесительные машины классифицируют по следующим основным признакам: условиям эксплуатации, режиму работы и способу смешивания.

По условиям эксплуатации смесительные машины бывают передвижными и стационарными. Первые применяют на рассредоточенных объектах при выполнении небольших объемов работ и при ремонтных работах, вторые – в условиях бетонных и растворных заводов и в установках средней и большой производительности.

По режиму работы смесительные машины бывают циклического и непрерывного действия. В смесительных машинах циклического действия приготовление смеси заключается в загрузке компонентов смеси, перемешивании их и выгрузке готового замеса. Эти операции выполняются последовательно одна за другой и за время, равное полному циклу на замес. Каждая последующая порция компонентов смеси подается в смесительную емкость только после выгрузки готового замеса. Главным параметром смесительных машин циклического действия является объем готового замеса в литрах, выданный за один цикл работы. В смесительных машинах непрерывного действия компоненты бетонной смеси или раствора загружаются непрерывным потоком с помощью ленточных питателей или ленточных конвейеров. Все сыпучие компоненты подаются одновременно, образуя на ленте слой материалов, например песка, цемента, щебня различных фракций. Одновременно непрерывной струей непосредственно в смесительную емкость подается вода. При перемешивании смесь перемещается к выгрузочному отверстию. Готовая смесь непрерывно поступает в транспортные средства. Главным параметром смесителей непрерывного действия является производительность, м³/ч. Смесители непрерывного действия широко используют для приготовления бетонов или растворов одинакового состава, когда нет необходимости часто переналаживать дозаторы.

По способу смешивания различают бетоносмесители гравитационные и принудительного смешивания, а растворосмесители – только принудительного смешивания.

В гравитационных бетоносмесителях рабочими органами являются вращающиеся барабаны, на внутренних поверхностях которых закреплены лопасти. При вращении барабана компоненты бетонной смеси подхватываются лопастями и поднимаются вверх, откуда они свободно падают, перемешиваясь с нижними слоями, а последние увлекаются вверх. Такие бетоносмесители хорошо смешивают умеренно подвижные и подвижные бетонные смеси, но не обеспечивают достаточной однородности жестких и малоподвижных смесей.

В смесителях принудительного действия загруженные материалы смешиваются посредством вращающихся лопастей. Смесительная емкость может быть корытообразной формы с горизонтальным расположением лопастных валов, чашеобразной с вертикальным лопастным валом и в виде бака с вертикальным быстровращающимся ротором. В таких смесителях можно готовить малоподвижные и жесткие бетонные смеси и растворы на плотных и пористых заполнителях, получая хорошо перемешанную однородную смесь. Однако такой способ требует приложения значительных усилий и вызывает сравнительно большое абразивное изнашивание рабочих органов. Затрачиваемая мощность для привода смесителей принудительного действия намного превышает мощность, необходимую для привода гравитационных смесителей одинаковой вместимости или производительности. Недостаток

смесителей принудительного смешивания заключается также в ограничении максимальных размеров зерен крупного заполнителя по сравнению с гравитационными смесителями.

Стандартом предусмотрено девять типоразмеров бетоносмесителей периодического действия с объемом готового замеса: 65, 165, 330, 500, 800, 1000, 1600, 2000 и 3000 л. Они выполняются с опрокидным барабаном грушевидной формы, с наклоняющимся двухконусным барабаном и с цилиндрическим неопрокидным барабаном. Бетоносмесители с объемом готового замеса 65...330 л выпускаются передвижными, а свыше – стационарными.

Передвижные гравитационные бетоносмесители используют для приготовления бетонной смеси с крупностью заполнителя до 70 мм при выполнении небольших объемов работ. На рис. 1 дана кинематическая схема передвижного бетоносмесителя с опрокидывающимся барабаном и дозатором воды. От электродвигателя 1 через многорядную клиноременную передачу 2, вал 3 и зубчатую передачу 4 приводится в движение вал 5, который конической шестерней соединен с зубчатым венцом 6 и вращает барабан 7 относительно вертикальной оси 10. Цепной передачей 12 передается движение на барабаны 15 механизма подъема ковша 19. При включении конусного фрикциона 16 посредством рычага 14 канат 17, навиваясь на барабаны, поднимает ковш. В верхнем положении ковш 19 опрокидывается и его содержимое выгружается в барабан.

Одновременно ковш своим упором ударяет по выключателю 13, который при повороте отключает фрикцион и включает ленточный тормоз 18, удерживающий барабан в положении разгрузки. Ковш опускается на тормозе 18, управляемом рычагом 14. Наклон барабана в момент разгрузки и опрокидывания при разгрузке осуществляется поворотом штурвала 9, шестерня которого имеет внутреннее зацепление с зубчатым сектором 8. При повороте сектор наклоняет траверсу и барабан опрокидывается. В наклонном положении барабан удерживается тормозом или храповиком.

Двухконусный барабан стационарных бетоносмесителей состоит из двух усеченных конусов: короткого (загрузочного) и удлиненного (разгрузочного), соединенных между собой цилиндрической вставкой. Барабан монтируют на поворачивающейся траверсе, цапфы которой опираются на стойки рамы. В процессе работы смесителя барабан непрерывно вращается вокруг своей продольной оси и может быть наклонен относительно поперечной оси для выгрузки готовой смеси. К внутренней поверхности конических частей барабана на кронштейнах крепятся стальные лопасти, имеющие кромки повышенной износостойкости. Процесс перемешивания компонентов смеси протекает таким образом, что лопасти создают в центральной части вращающегося барабана перекрестные потоки поднимаемых и сбрасываемых компонентов смеси, направленные вдоль его оси и повышающие интенсивность перемешивания

и производительность бетоносмесителя при одновременном улучшении однородности смеси. Наклон смесительных барабанов может производиться с помощью механического, гидравлического и пневматического приводов.

В бетоносмесителях с наклоняемыми барабанами происходит более эффективное перемешивание компонентов, чем в цилиндрических барабанах с горизонтальной осью вращения. Выгрузка готовой смеси из смесительных барабанов такого типа производится в короткий срок струей большого сечения (укрупненным объемом), что способствует сохранению достигнутой однородности смеси. Такие смесители, получившие преимущественное распространение, сложнее по конструкции, но отличаются большей степенью наполнения барабана, а также более быстрой и полной выгрузкой готовой смеси, чем гравитационные смесители с ненаклоняемыми барабанами.

На рис. 2 показан гравитационный бетоносмеситель, который предназначен для приготовления бетонной смеси с заполнителями крупностью до 120 мм.

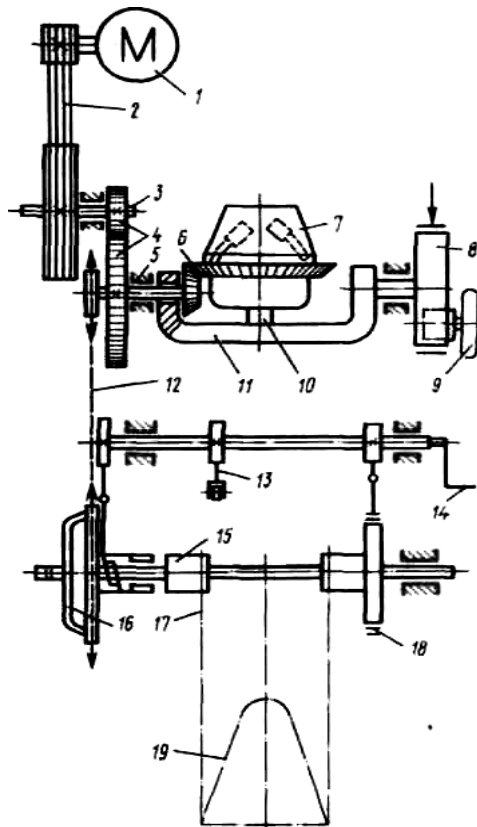


Рис. 1 - Кинематическая схема бетоносмесителя

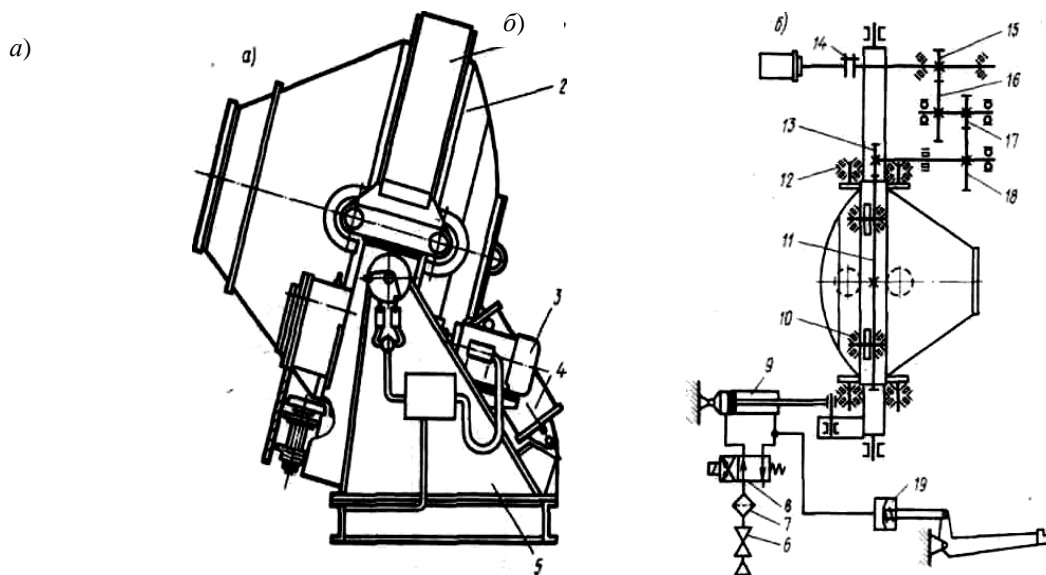


Рис. 2 - Общий вид (а) и кинематическая схема (б) бетоносмесителя

Этот бетоносмеситель является комплектующим изделием для бетонных заводов и установок товарных бетонных смесей и технологических линий заводов железобетонных изделий.

Основными сборочными единицами бетоносмесителя (рис. 2, а) являются опорные стойки 5, смесительный барабан 2 с располагаемыми на его внутренней поверхности лопастями, электродвигатель 3, пневмоцилиндр опрокидывания барабана 4 и цилиндрическая обечайка 1, внутренняя поверхность которой облицовывается набором сменных листов из износостойкой стали. От электродвигателя через втулочно-пальцевую муфту 14 (рис. 2, б), тихоходный вал-шестерню 15, зубчатые колеса 16, 17, 18 крутящий момент передается тихоходному валу редуктора и через шестерню 13, насаженную на вал, – зубчатому венцу 11

смесительного барабана. Для опрокидывания смесительного барабана в положение выгрузки и возвращения его в исходное положение применен пневматический привод, включающий в себя пневмоцилиндр 9, воздухораспределитель 8, маслораспылитель 7, вентиль 6 и запорное устройство 19. Барабан при вращении опирается на опорные и поддерживающие ролики, вращающиеся на подшипниках 10 и 12.

Мощность привода в гравитационных смесителях затрачивается в основном на подъем смеси в барабане при его вращении. В общем виде работа, затрачиваемая на один цикл циркуляции смеси, Дж, равна

$$A = G_{\text{см}} h = \rho V g h, \quad (1)$$

где $G_{\text{см}}$ – сила тяжести смеси, Н; h – высота подъема смеси в барабане, м; ρ – плотность смеси, кг/м³; V – полезный объем смесителя (по выходу), м³; g – ускорение свободного падения, м/с².

При вращении барабана в каждый момент времени одна часть смеси поднимается лопастями, другая – под действием сил трения. Мощность, расходуемая на подъем смеси, кВт, определяется по формуле

$$N_1 = (G_1 h_1 z_1 + G_2 h_2 z_2) n \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где G_1 – сила тяжести смеси, поднимаемой под действием сил трения ($G_1 = 0,85 G_{\text{см}}$), Н; G_2 – сила тяжести смеси, поднимаемая лопастями ($G_2 = 0,15 G_{\text{см}}$), Н; h_1 и h_2 – высота подъема смеси под действием сил трения и в лопастях соответственно, м; z_1 и z_2 – число циркуляции смеси за один оборот барабана соответственно за счет сил трения и в лопастях; n – частота вращения барабана, об/с.

Согласно схеме, показанной на рис. 6.3,

$$h_2 = R(1 + \sin \beta), \quad (3)$$

где R – внутренний радиус барабана.

Угол β практически может быть принят равным углу трения смеси о лопасти, т. е. $\beta = 45^\circ$. Тогда $h_2 = 1,7R$.

С учетом влияния лопастей и подпора нижних слоев смеси угол подъема ее частиц под действием сил трения φ_2 будет больше угла трения φ_1 и практически может быть принят равным 90° . Тогда $h_1 = R$. Радиус R без больших погрешностей может быть принят по цилиндрической части барабана, так как основная масса смеси находится в его цилиндрической части.

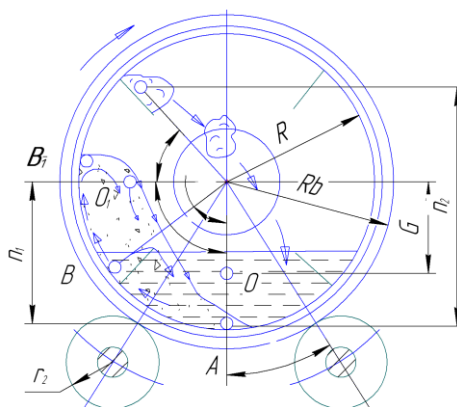


Рис. 3 - Схема к расчету гравитационных бетоносмесителей

Число циркуляции смеси, поднимаемой под действием сил трения, в течение одного оборота барабана (приняв время сползания смеси равным времени подъема) равно

$$z_1 = \frac{360^\circ}{2\varphi_2} = 2. \quad (4)$$

Время подъема смеси в лопастях, с,

$$t_1 = \frac{90^\circ + \beta}{360^\circ n} = \frac{0,374}{n}. \quad (5)$$

Время падения смеси с высоты h_2

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,7R}{9,81}} = 0,6\sqrt{R}. \quad (6)$$

Число циркуляции смеси, поднимаемой лопастями,

$$z_2 = \frac{t_{об}}{t_1 + t_2} = \frac{1}{n \left(\frac{0,374}{n} + 0,6\sqrt{R} \right)}, \quad (7)$$

где $t_{об} = \frac{1}{n}$ – время одного оборота барабана, с.

Расчеты показывают, что для смесителей вместимостью 500...1500 л $z_2 = 2$.

Тогда мощность, расходуемая на подъем смеси, кВт,

$$N_1 = (G_1 h_1 + G_2 h_2) z n \cdot 10^{-3}. \quad (8)$$

Подставив в формулу рекомендуемые значения G_1 , G_2 , h_1 и h_2 , получаем

$$N_1 = \frac{2,2 G_{см} R n}{1000}. \quad (9)$$

Кроме работы по подъему смеси, мощность расходуется на преодоление сил трения в опорных частях барабана. Для смесителей, барабан которых установлен на роликах, мощность, кВт,

$$N_2 = \frac{(G_{см} + G_6)(R_6 + r) k_f \omega}{r \cos \gamma \cdot 10^3}, \quad (10)$$

где G_6 – сила тяжести барабана, Н; R_6 – радиус банджа, м; r – радиус опорного ролика, м; k_f – плечо трения качения ($k_f = 0,001$ м); ω – угловая скорость барабана, рад/с; γ – угол установки роликов.

Для смесителей, барабан которых установлен на центральной оси,

$$N'_2 = (G_{см} + G_6) \mu r_0 \omega \cdot 10^{-3}, \quad (11)$$

где r_0 – радиус оси, м; μ – коэффициент трения в подшипниках барабана.

Мощность двигателя привода вращения барабана

$$N_d = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (12)$$

где η – КПД привода.

Производительность, м³/ч, смесителей циклического действия

$$П = V_3 z k_b k_{и} \cdot 10^{-3}, \quad (13)$$

где V_3 – вместимость смесителя (по загрузке), л; z – число замесов в час; k_b – коэффициент выхода смеси ($k_b = 0,65$); $k_{и}$ – коэффициент использования машины по времени ($k_{и} = 0,8...0,85$).

Число замесов

$$z = \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3}, \quad (14)$$

где t_1 – время загрузки смесителя, $t_1 = 15...20$ с; t_2 – время выгрузки смеси, $t_2 = 12...18$ с; t_3 – время перемешивания, $t_3 = 50...120$ с.

Смешение компонентов в гравитационных смесителях происходит в барабанах, к внутренним стенкам которых прикреплены лопасти. При вращении барабана смесь лопастями, а также силами трения поднимается на некоторую высоту и затем сбрасывается вниз. Достоинства: простота конструкции, простота регулировок, высокая однородность готовой смеси. Недостатки: большая металлоемкость, большие габаритные размеры, низкий коэффициент использования барабана, цикличность работы.

Для расчета параметров гравитационного смесителя циклического действия (рис. 4) необходимо определить:

– диаметр смесителя, м,

$$D = 0,084 \cdot \sqrt[3]{\frac{Qt}{K_3 K_B}}, \quad (15)$$

где Q – производительность смесителя, м³/ч; $t = 100...250$ – время перемешивания, с; $K_3 = 0,3...0,35$ – коэффициент загрузки смеси; $K_B = 0,6...0,8$ – коэффициент выхода смеси;

– длину смесителя, м,

$$L = 1,0 \cdot D; \quad (16)$$

– наибольший боковой диаметр смесителя, м,

$$d = 0,5 \cdot D; \quad (17)$$

– угловую частоту вращения, рад/с,

$$\omega = \frac{2,44}{\sqrt{D}}; \quad (18)$$

– усилия, действующие на опорные ролики, Н,

$$F = 4,99 \cdot \frac{Qt}{K_B}; \quad (19)$$

– мощность привода (мощность электродвигателя), кВт,

$$P = \frac{QtD\omega}{K_B \cdot 1000 \cdot \eta} \cdot \left(0,718 + 4,99 \cdot \left(\frac{2f + 0,1d_{ц}}{d_p} \right) \right), \quad (20)$$

где $\eta = 0,8...0,85$ – КПД передачи привода; $f = 0,0008$ – коэффициент трения качения бандажа барабана по роликам; $d_{ц}$ – диаметр цапфы ролика; d_p – диаметр ролика роликоопоры.

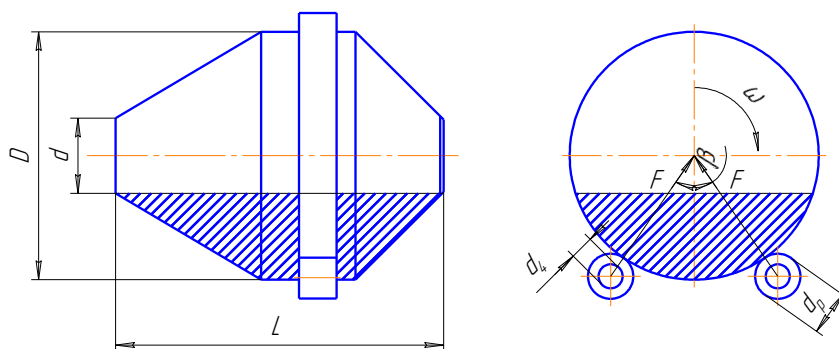


Рис. 4 - Схема гравитационного смесителя циклического действия

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Классификация гравитационных смесителей циклического действия.
2. Принцип работы гравитационных смесителей циклического действия.
3. Схемы гравитационных смесителей циклического действия.
4. Достоинства и недостатки гравитационных смесителей циклического действия.

Практическое занятие №5.

Тема: Гравитационные смесители непрерывного действия

Цель работы: Изучение принципа работы гравитационных смесителей непрерывного действия.

Задание: По заданным характеристикам произвести расчет основных параметров гравитационных смесителей непрерывного действия

Порядок выполнения:

Смесители непрерывного действия предназначены для комплектования бетоно- и растворосмесительных установок производительностью 5, 10 и 30 м³/ч. Отечественной промышленностью выпускаются горизонтальные двухвальные смесители (рис.1).

Компоненты смеси непрерывным потоком подаются соответствующими дозаторами в корыто 8, в котором вращаются в разные стороны два вала 6 с закрепленными на них лопастями 7. Лопасти устанавливают под углом 40...45° по отношению к оси вала, с тем чтобы смесь интенсивно перемещалась как в радиальном, так и в осевом направлении к разгрузочному затвору 5. Валы приводятся во вращение двигателем 1 через ременную передачу 2, редуктор 3 и зубчатые колеса 4.

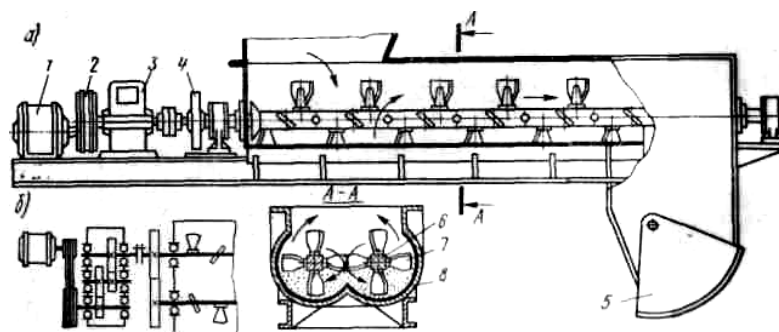


Рис. 1 - Схема двухвального смесителя непрерывного действия:
а – общий вид; б – схема привода

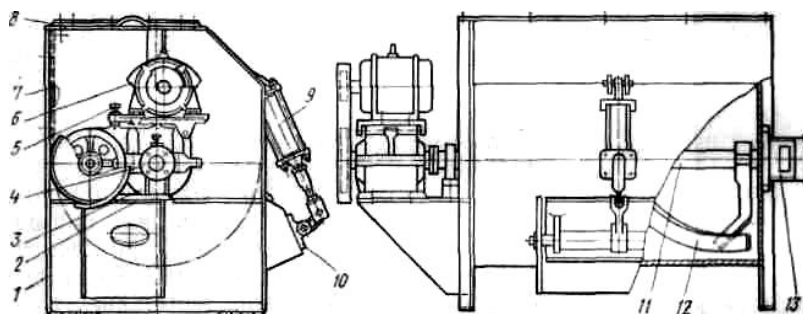


Рис. 2 - Схема растворосмесителя объемом 325 л

На рис. 2 показан циклический растворосмеситель вместимостью 325 л. Это корытообразный барабан 7, смонтированный на раме 1. Компоненты перемешиваются двумя винтовыми лопастями 12, закрепленными на валу 11, установленном в подшипниках 13. Вал приводится во вращение двигателем 6 через ременную передачу 5, шкив 4 и редуктор 3,

установленный на кронштейне 2. Смесительный барабан закрыт крышкой 8. Готовая смесь выгружается через люк, закрываемый затвором 10 с помощью пневмоцилиндра 9.

Для приготовления строительных растворов применяются быстроходные турбулентные смесители (рис. 3), в которых перемешивание материалов производится при интенсивном движении смеси по сложной траектории. При вращении лопастного ротора 14, закрепленного на валу 2, который установлен в подшипниках 1, смесь под действием центробежных сил отбрасывается к конусной части корпуса 5, движется по ней вверх и затем под действием сил тяжести стекает в центральную часть ротора. Кроме того, смесь циркулирует и по окружности. Характер воздействия на материал такого быстроходного (до 500 об/мин) смешивающего аппарата аналогичен рабочему процессу центробежного насоса. Компоненты подаются в смеситель по патрубку 6 в крышке 7, а готовая смесь разгружается через затвор 3, управляемый пневмоцилиндром 4. После того как основная часть смеси выйдет из барабана, оставшаяся ее часть 1 отбрасывается ротором и прилипает к стенкам. Очистка стенок производится лопастями 13, подвешенными на шарнирах 12 к рычагам 10. Во время смешивания эти лопасти поднимаются и плавают по поверхности, а по мере выхода смеси они опускаются и очищают стенки. Очистные лопасти приводятся во вращение через валик 11, муфту 8 и редуктор 9. Вал ротора вращается двигателем 15, установленным на раме 16, через ременную передачу 17.

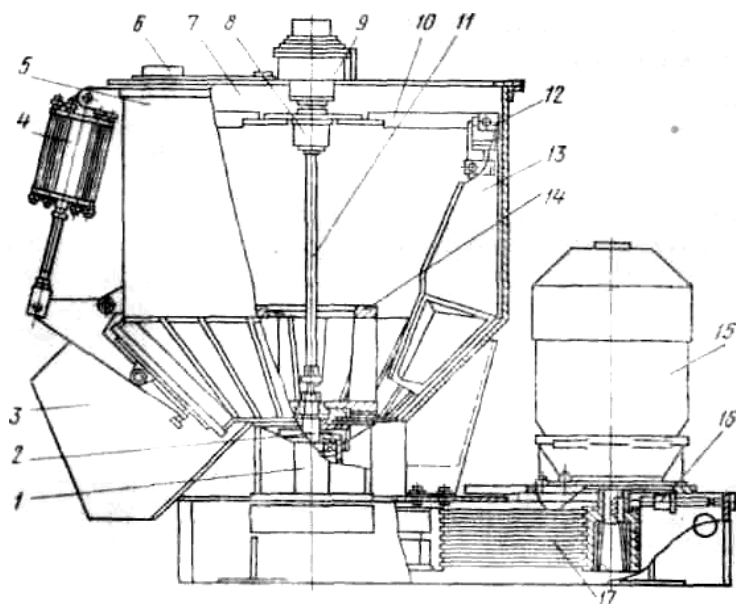


Рис. 3 - Схема турбулентного смесителя

Смешение компонентов в гравитационных смесителях (рис. 4) непрерывного действия происходит в барабанах, к внутренним стенкам которых прикреплены лопасти. При вращении барабана смесь лопастями, а также силами трения поднимается на некоторую высоту и затем сбрасывается вниз. Достоинства этих смесителей: простота конструкции, простота регулировок, высокая однородность готовой смеси, непрерывность работы, высокая надежность. Недостатки: большая металлоемкость, большие габаритные размеры, низкий коэффициент использования барабана.

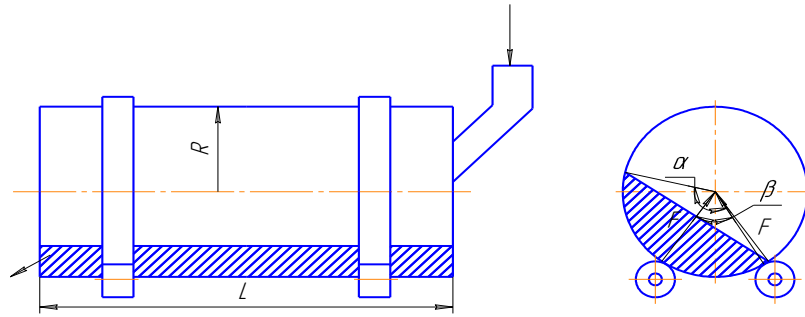


Рис. 4 - Схема гравитационного смесителя непрерывного действия

Для выполнения расчета гравитационных смесителей непрерывного действия необходимо определить:

– радиус барабана, м,

$$R = 0,04 \cdot \sqrt[3]{Qt}, \quad (1)$$

где Q – производительность, м³/ч; $t = 60 \dots 120$ с – время перемешивания для подвижных смесей, $t = 100 \dots 200$ с – время перемешивания для малоподвижных смесей;

– длину барабана, м,

$$L = 5R,$$

где R – радиус барабана;

– угловую скорость барабана, рад/с,

$$\omega = \frac{1,6}{\sqrt{R}}, \quad (2)$$

– усилия, действующие на опорные ролики, Н,

$$F = 31,4R^2 L \rho_c, \quad (3)$$

где ρ_c – плотность бетонной смеси;

– массу барабана, кг,

$$m_6 = 0,01R^2 L \rho_c; \quad (4)$$

– мощность привода, используемую на перемешивание, кВт,

$$P_n = 3,75R^3 L \rho_c \omega; \quad (5)$$

– мощность привода, используемую на трение, кВт,

$$P_m = 1,25R^3 L \rho_c \omega; \quad (6)$$

– мощность привода (мощность электродвигателя), кВт,

$$P = \frac{0,16FR\omega}{\eta}, \quad (7)$$

где $\eta = 0,8 \dots 0,85$ – КПД передачи привода.

Основная литература:

[1-4] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[5-10] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назначение смесителей непрерывного действия.
2. Классификация смесителей непрерывного действия.
3. Принцип работы смесителей непрерывного действия.
4. Область применения смесителей непрерывного действия.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

- Microsoft Imagine Premium (ОС Windows 7 Professional);
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
- Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Расширенный Russian Edition. 1000-1499 Node 1 year Educational Renewal License;
- КОМПАС-3D V13;
- APM WinMachine.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, ПЗ</i>
1	2	3	4
ЛР	Лаборатория автоматизации систем проектирования	Учебная мебель, системный блок (AMD 690G,mANX,HDD Seagate 250Gb,DIMM DDR//2*512Mb,DVDRV,FDD; Системный блок Cel D-315; Системный блок CPU 4000.2*512MB; Монитор Терминал TFT 19 LG L1953S-SF; Системный блок AMD Athlon 64X2; Системный блок Celeron 2,66; Сканер HP 3770; Монитор 15 LG; Системный блок iCel 433; Принтер HP LJ P2015	№ 1- № 8
ПЗ	Лаборатория автоматизации систем проектирования	Учебная мебель, системный блок (AMD 690G,mANX,HDD Seagate 250Gb,DIMM DDR//2*512Mb,DVDRV,FDD; Системный блок Cel D-315; Системный блок CPU 4000.2*512MB; Монитор Терминал TFT 19 LG L1953S-SF; Системный блок AMD Athlon 64X2; Системный блок Celeron 2,66; Сканер HP 3770; Монитор 15 LG; Системный блок iCel 433; Принтер HP LJ P2015	№ 1- № 5
Лк	Лекционная аудитория (мультимедийный класс)	Учебная мебель, проектор мультимедийный «CASIO» XJ-UT310WN с настенным креплением CASIO YM-88 Интерактивная доска Promethean 88 ActivBoard Touch Dry Erase 6	-

		касаний с настенным креплением и программным обеспечением Promethean ActivInspire Монитор 17"LG L1753-SF (silver-blek) Системный блок (AMD 690G,mANX,HDD Seagate 250Gb,DIMM DDR//2*512Mb,DVDRV,FDD	
СР	ЧЗ-1	Учебная мебель, оборудование 10-ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

Приложение 1

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Тема	ФОС
ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	1. Общие сведения о системах машин для комплексной механизации основных строительных процессов	Экзаменационные вопросы 1 - 7
		2. Машин для дробления горных пород	Экзаменационные вопросы 8 - 16
		3. Машин и оборудование для помола	Экзаменационные вопросы 17 - 21
ПК-5	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин	4. Теория процесса сортировки нерудных строительных материалов	Экзаменационные вопросы 22 - 33
		5. Дробильно-сортировочные заводы и установки	Экзаменационные вопросы 34 - 38
		6. Машин и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей	Экзаменационные вопросы 39 - 47
		7. Основы эксплуатации строительных машин	Экзаменационные вопросы 48 - 50
		8. История и тенденция развития конструкций строительных машин	Экзаменационные вопросы 51 - 52

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование темы
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<p>1. Состояние и перспективы развития строительных машин.</p> <p>2. Задачи строительного и дорожного машиностроения по созданию высокопроизводительных машин, автоматизированных комплексов и строительных роботов.</p> <p>3. Общие сведения о процессах измельчения.</p> <p>4. Классификация машин для измельчения материалов.</p>	<p>1. Общие сведения о системах машин для комплексной механизации основных строительных процессов</p>
2.	ПК-5	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин	<p>5. Физические основы процессов измельчения горных пород.</p> <p>6. Критерии оценки показателей процессов измельчения.</p> <p>7. Основные способы измельчения нерудных строительных материалов.</p> <p>8. Принципиальные схемы и назначение щековых дробилок.</p> <p>9. Ряды, основные параметры и технико-эксплуатационные показатели дробилок по ГОСТ.</p> <p>10. Тенденция развития конструкций дробилок.</p> <p>11. Конусные дробилки крупного дробления.</p> <p>12. Конусные дробилки мелкого дробления.</p> <p>13. Особенности рабочего процесса ударных дробилок.</p> <p>14. Анализ технических показателей.</p> <p>15. Область рационального применения.</p> <p>16. Классификация и конструктивные схемы.</p>	<p>2. Машины для дробления горных пород</p>

			<p>17. Общие сведения о рабочем процессе помола.</p> <p>18. Классификация мельниц.</p> <p>19. Основы расчета скорости, мощности и нагрузок на элементы мельниц.</p> <p>20. Среднеходные мельницы.</p> <p>21. Классификация и основные схемы.</p> <p>22. Технологические параметры процессов сортировки и их связь с механическими параметрами грохотов.</p> <p>23. Государственные стандарты, регламентирующие качество сортировки.</p> <p>24. Типы просеивающих поверхностей.</p> <p>25. Классификация сортировочных машин и оборудования.</p> <p>26. Схемы конструкций и работа вибрационных грохотов с плоскими ситами.</p> <p>27. Машины и оборудование для обеспыливания и обогащения строительных материалов.</p> <p>28. Принципиальные схемы и назначение машин.</p> <p>29. Методика определения основных параметров.</p> <p>30. Особенности охраны труда и окружающей среды при эксплуатации машин.</p> <p>31. Основы теории гидравлической классификации и воздушной сепарации материалов.</p> <p>32. Оборудование для очистки отходящих газов от пыли.</p> <p>33. Схемы и устройство циклов и фильтров.</p> <p>34. Основные технологические схемы дробильно-сортировочных заводов и передвижных установок.</p> <p>35. Методика расчета грузопотоков материалов и выбор оборудования.</p> <p>36. Автоматизация технологических процессов.</p> <p>37. Техничко-экономические показатели работы ДСЗ и ПДСУ.</p> <p>38. Охрана труда и мероприятия по уменьшению загрязнения окружающей среды.</p>	<p>3. Машины и оборудование для помола</p> <p>4. Теория процесса сортировки нерудных строительных материалов</p> <p>5. Дробильно-сортировочные заводы и установки</p>
--	--	--	--	--

			<p>39. Технологические требования к бетоно- и растворосмесителям.</p> <p>40. Реологические и математические модели строительных смесей.</p> <p>41. Место и значение смесительных машин при производстве смесей.</p> <p>42. Дозировочное оборудование бетоно- и растворосмесительных установок.</p> <p>43. Государственные стандарты на точность дозирования компонентов бетонов и растворов.</p> <p>44. Весовые дозаторы циклического и непрерывного действия для отмеривания сухих и жидких материалов.</p> <p>45. Принципиальные схемы и рабочий процесс дозаторов.</p> <p>46. Конструкции устройств.</p> <p>47. Автоматизация управления дозаторами.</p> <p>48. Общий расчет погрузчиков.</p> <p>49. Тяговый расчет погрузчиков.</p> <p>50. Определение производительности погрузчиков.</p> <p>51. История развития конструкций строительных машин.</p> <p>52. Тенденции развития конструкций строительных машин.</p>	<p>6. Машины и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей</p> <p>7. Основы эксплуатации строительных машин</p> <p>8. История и тенденция развития конструкций строительных машин</p>
--	--	--	--	--

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать: (ОПК-2) -методики исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; (ПК-5) - основные понятия и общие вопросы технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин;</p> <p>Уметь: (ОПК-2) -проводить исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; (ПК-5) - оценивать и представлять результаты выполненной работы по разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин;</p> <p>Владеть: (ОПК-2) -методиками исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; (ПК-5) - современными методами разработки проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин.</p>	отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он демонстрирует полное освоение теоретического содержания дисциплины; представляет практические навыки работы на учебных стендах учетом основных требований безопасности; все учебные задания выполнены правильно, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
	хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если в усвоении учебного материала им допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа; допущены один – два недочета в формировании навыков решений практических задач.
	удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если в его ответе содержание теоретического материала раскрыто неполно, но показано общее понимание вопроса.
	неудовлетворительно	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний основных понятий теории наземных транспортно-технологических систем, навыков решения практических задач на учебных стендах.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Изучение дисциплины «Теория наземных транспортно-технологических машин» охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам:

1. Общие сведения о системах машин для комплексной механизации основных строительных процессов

2. Машины для дробления горных пород
3. Машины и оборудование для помола
4. Теория процесса сортировки нерудных строительных материалов
5. Дробильно-сортировочные заводы и установки
6. Машины и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей
7. Основы эксплуатации строительных машин
8. История и тенденция развития конструкций строительных машин.

Закрепление всех вопросов, рекомендуемых для лабораторных работ, а также при подготовке к экзамену, требует основательной самостоятельной подготовки. Учитывая значимость самостоятельной работы, литература, вопросы для самопроверки - в разделах «Практические занятия», «Лабораторные работы» и «Фонд оценочных средств».

Работа с литературой является обязательной. При этом приветствуется привлечение дополнительных источников из Интернета. В случае возникновения определенных вопросов, обучающийся может обратиться к преподавателю за консультацией как на лабораторных работах, так и во время индивидуальных консультаций.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в виде лекций, лабораторных работ, практических занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ
рабочей программы дисциплины
Теория наземных транспортно-технологических машин

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: осуществление информационного поиска по наземным транспортно-технологическим машинам; участие в составе коллектива исполнителей в разработке технических условий на проектирование и техническое описание конструкций наземных транспортно-технологических машин; участие в составе коллектива исполнителей в проектировании и эксплуатации наземных транспортно-технологических машин.

Задачей изучения дисциплины является: получение общих сведений об основных тенденциях и направлениях в развитии оборудования, используемых на предприятиях строительного комплекса, дать общие сведения об основных научно-технических проблемах и перспективах развития науки и техники в области строительной индустрии.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: ЛР – 54 час., ПЗ – 36 час., Лк-36 час., СР – 126 час. Общая трудоемкость дисциплины составляет 288 часов, 8 зачетных единиц.

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 - Общие сведения о системах машин для комплексной механизации основных строительных процессов
- 2 - Машины для дробления горных пород
- 3 - Машины и оборудование для помола
- 4 - Теория процесса сортировки нерудных строительных материалов
- 5 - Дробильно-сортировочные заводы и установки
- 6 - Машины и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей
- 7 - Основы эксплуатации строительных машин
- 8 - История и тенденция развития конструкций строительных машин.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;

ПК-5 - способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин.

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

**Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год**

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры СДМ №__ от «__» _____ 20__ г.,

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы от «06» марта 2015г. №162.

для набора 2015 года: и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015г. №474, для заочной формы обучения от «01» октября 2015г. № 587;

для набора 2016 года: и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016г. №429, заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429; для ускоренной формы обучения от «06» июня 2016 г. № 429;

для набора 2017 года: и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125, для заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125; для ускоренной формы обучения от «04» апреля 2017 г. №203;

для набора 2018 года: и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018 г. № 130 , для заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130.

Программу составил:

Мамаев Леонид Алексеевич, д.т.н., профессор

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СДМ от «__» декабря 2018г., протокол № __

И.о. заведующего кафедрой СДМ _____ К.Н. Фигура

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего кафедрой СДМ _____ К.Н. Фигура

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией МФ от «__» декабря 2018 г., протокол № _____

Председатель методической комиссии МФ _____ Г.Н. Плеханов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____