

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ  
СТРОЙИНДУСТРИИ**

**Б1.В.02.01**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**08.03.01 Строительство**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Производство и применение строительных материалов,  
изделий и конструкций**

Программа прикладного бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоёмкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	5
4.3 Лабораторные работы.....	7
4.4 Практические занятия.....	7
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	7
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>9</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>10</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>10</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>11</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>11</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических занятий	11
9.2. Методические указания для обучающихся по выполнению контрольной работы	60
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>62</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>62</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>63</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>70</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>71</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>72</b>

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

### Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологической и производственно-управленческой видам деятельности выпускника в соответствии с компетенциями, указанными в учебном плане.

### Цель дисциплины

Формирование компетенций, позволяющих знать основное оборудование предприятий строительной индустрии в соответствии с его назначением.

### Задачи дисциплины

- ознакомить с основами устройства машин и механизмов;
- ознакомить с принципами выбора механического оборудования для различных производств и технологических линий;
- научить основам расчета и подбора определенного технологического оборудования предприятий стройиндустрии.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-8	Владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	<b>знать:</b> технические условия на проектирование и техническое описание конструкций двигателей внутреннего сгорания и автотракторного оборудования; <b>уметь:</b> решать задачи профессиональной деятельности при участии в техническом обеспечении исследований и реализации их результатов <b>владеть:</b> навыками решений практических задач в процессе осуществления исследований;
ПК-9	Способность вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, способность осуществлять техническое оснащение, размещение и обслуживание технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины, требований охраны труда и экологической безопасности	<b>знать:</b> основные особенности разработки конструкторско-технической документации; <b>уметь:</b> осуществлять разработку конструкторско-технической документации; <b>владеть:</b> навыками разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов двигателей внутреннего сгорания и автотракторного оборудования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.02.01 Механическое оборудование предприятий стройиндустрии относится к дисциплинам по выбору.

Дисциплина Механическое оборудование предприятий стройиндустрии базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: История отрасли и введение в специальность, Инженерная графика

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин Механическое оборудование предприятий стройиндустрии представляет основу для изучения дисциплин: Проектирование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций.

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							Форма итогового контроля
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Контрольная работа	Самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	2	3	108	51	17	-	34	кр	57	Зачет
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебной работы	Всего часов	в т.ч. в инновационной форме, час.	Распределение по семестрам, час
			3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	51	22	51
Лекции (Лк)	17	6	17
Практические занятия (ПЗ)	34	16	34
<b>Самостоятельная работа (СР) (всего)</b>	57	-	57
Подготовка к контрольной работе	20	-	20
Подготовка к практическим занятиям	20	-	20
Подготовка к зачету	17	-	17
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет)</b>	+	-	+
Общая трудоемкость дисциплины час.	108	-	108
зач. ед.	3	-	3

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебной работы - 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	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Оборудование для измельчения, сортировки, дозирования и смешения стройматериалов	39	7	12	20
2.	Транспортирующие машины.	32	5	10	17
3.	Машины для производства бетонных и железобетонных изделий и специальное оборудование	37	5	12	20
<b>ИТОГО</b>		<b>108</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>57</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

№ раздела и темы	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание лекционных занятий (краткое описание теоретической части разделов и тем)	Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)
1	2	3	4
1.	Оборудование для измельчения, сортировки, дозирования и смешения стройматериалов	Классификация машин и области их применения. Технические характеристики. Схемы конструкций. Определение и расчет основных конструктивно-технологических параметров и их взаимосвязь с качеством продукции. Методика подбора, компоновки и рационального применения оборудования в технологических линиях предприятий строительной индустрии. Особенности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования для измельчения, сортировки, классификации и обогащения строительных материалов. Машины и оборудование для дозирования и смешения ис-	Разбор конкретных ситуаций (2 час.)

		ходных компонентов и приготовления строительных сырьевых смесей и суспензий (шламов). Особенности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования. Специальное оборудование для изготовления бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Специальное оборудование для производства отделочных, теплоизоляционных, акустических и гидроизоляционных изделий и конструкций. Принципиальные схемы конструкций. Кинематические схемы привода. Технические характеристики и области рационального применения.	
2.	Транспортирующие машины.		
		Классификация подъемно-транспортных машин. Понятие о типоразмерах и рядах машин и оборудования. Грузоподъемные машины. Применение машин и оборудования для технологического транспортирования на предприятиях строительных изделий; понятия о типоразмерах и рядах машин и оборудования. Определения, основные параметры, конструктивные схемы машин и оборудования, циклический и непрерывный характер работы и определение скорости, производительности и энергозатрат; характеристика внешних нагрузок и режимы работы. Транспортные установки непрерывного действия. Транспортные устройства непрерывного действия с гибким тяговым органом. Назначение и классификация. Ленточные, скребковые, цепные и ковшовые конвейеры. Расчет основных параметров ленточных и ковшовых конвейеров. Транспортные устройства непрерывного действия без гибкого тягового органа. Винтовые и роликовые конвейеры. Транспортирующие трубы. Основы расчета транспортных устройств без гибкого тягового органа.	Разбор конкретных ситуаций (4 час.)
3.	Машины для производства бетонных и железобетонных изделий и специальное оборудование		

		Машины и оборудование для изготовления арматурных изделий. Основные положения. Классификация оборудования. Машины и оборудование для чистки, правки, гибки, резки, упрочнения, натяжения и сварки арматуры и изготовления арматурных каркасов. Принципиальные схемы конструкций. Технические характеристики. Расчет основных конструктивно-технологических параметров машин. Методика выбора и компоновка оборудования в технологических линиях арматурных цехов и заводов. Особенности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования.	-
--	--	---	---

#### 4.3. Лабораторные работы.

Учебным планом не предусмотрены

#### 4.4. Практические занятия.

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем в часах</i>	<i>Вид занятия в инновационной форме</i>
1	2	3	4	5
1	1.	Изучение конструкции и расчет основных параметров поршневых растворонасосов	6	-
2		Предприятия стройиндустрии.	2	Компьютерная презентация (4 час.)
3		Изучение конструкции и расчет основных параметров валковых заглаживающих вибрационных машин	4	-
4	2.	Изучение конструкции и расчет основных параметров дисковых вибрационных заглаживающих машин.	8	-
5		Изучение конструкции машин и механизмов малой механизации.	2	Компьютерная презентация (6 час.)
6	3.	Подбор оборудования технологических линий ЖБИ.	4	-
7		Вибрационные грохоты.	4	-
8		Заводы по производству сборного железобетона.	4	Компьютерная презентация (6 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	<b>16</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Контрольная работа

*Тема.* Разработка строительных чертежей в соответствии с нормами СПДС.

*Цель работы:* сформировать знания, умения и навыки разработки конструкторской документации научиться читать строительные чертежи различной сложности с использованием современных систем автоматизированного проектирования. Выявить уровень соответ-

ствия теоретических знаний, практических умений и навыков требованиям образовательного стандарта.

Закрепление знаний, полученных на лекционных и практических занятиях, при самостоятельном изучении соответствующих разделов учебно-справочной литературы и методических разработок преподавателей кафедры.

*Содержание:* 5 графических заданий в соответствии с содержанием разделов дисциплины.

*Основная тематика:*

1. Архитектурно-строительный лист.- А1;
2. Выполнение чертежей марки КД. -А3;
3. Выполнение чертежей марки КМ. -А3;
4. Выполнение чертежей марки ЖБК. -А3;
5. Соединения. Разъемные. Неразъемные. -А3.

*Рекомендуемый объём.* Контрольная работа оформляется на ватмане формата А1 и А3 в виде альбома из 4 чертежей А3 и 1 чертежа А1 с титульным листом, выполненных с использованием системы автоматизированного проектирования.

Целью контрольных мероприятий является закрепление изученных тем по проекционному, строительному и машиностроительному черчению и выполнению индивидуальных заданий по пройденному материалу. Выдача задания и защита контрольной работы проходит согласно графика.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки защиты контрольной работы</b>
отлично	Оценка отлично выставляется студенту, обнаружившему всесторонние систематические знания по тематике контрольной работы, умение свободно выполнять задачи контрольной работы, освоившему рекомендованную основную литературу и знакомому с дополнительной литературой. Оценка отлично ставится студентам, усвоившим в рамках контрольной работы основные понятия дисциплины и понимающим их значение для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в ходе выполнения контрольной работы.
хорошо	Оценка хорошо выставляется студенту, допустившему при выполнении контрольной работы не принципиальные неточности, но при этом обнаружившему систематические знания по тематике контрольной работы и умение выполнять задачи контрольной работы, освоившему рекомендованную основную литературу и знакомому с дополнительной литературой. Оценка хорошо выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний в рамках тематики контрольной работы и способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы и профессиональной деятельности.
удовлетворительно	Оценка удовлетворительно выставляется студенту, обнаружившему знания по тематике контрольной работы в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, в целом справляющемуся с выполнением задач контрольной работы. Оценка 3 выставляется студентам, обладающим необходимыми знаниями, но допустившим ошибки при выполнении контрольной работы.
неудовлетворительно	Оценка неудовлетворительно выставляется студенту, обнаружившему существенные пробелы в знаниях по тематике контрольной работы, допустившему принципиальные ошибки в ходе выполнения работы. Как правило, оценка 2 ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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

<i>Компетенции</i>  <i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub> час</i>	<i>Вид учебной работы</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ПК</i>					
		<i>8</i>	<i>9</i>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1.</b> Оборудование для измельчения, сортировки, дозирования и смешения стройматериалов	39	+	+	2	19,5	Лк, ПЗ, СР	Зачет, кр
<b>2.</b> Транспортирующие машины.	32	+	+	2	16	Лк, ПЗ, СР	Зачет, кр
<b>3.</b> Машины для производства бетонных и железобетонных изделий и специальное оборудование	37	+	+	2	18,5	Лк, ПЗ, СР	Зачет, кр
<i>всего часов</i>	<b>108</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>2</b>	<b>54</b>		

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

1. Ленточные конвейеры : методические указания к выполнению курсового проекта / Ю. Н. Кулаков [и др.]. - Братск : БрГУ, 2014. - 120 с. - Б. ц.

2. Ромакин Н.Е. Конструкция и расчет конвейеров : справочник / Н. Е. Ромакин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 504 с.

3. Мамаев, Л.А. Расчет и проектирование дробильно-сортировочных заводов. Методические указания к выполнению расчетных работ: / Мамаев Л.А., Герасимов С.Н. БрГУ., – 2006.-42 с.

4. Строительные машины и оборудование: учебное пособие/Л.А. Мамаев и др.– Братск: Изд-во «БрГУ», 2011. – 138 с.

5. 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.

6. 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.

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

№	Наименование издания (автор, заглавие, выходные данные)	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
<b>Основная литература</b>				
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: <a href="http://e.lanbook.com/book/2781">http://e.lanbook.com/book/2781</a>	ПЗ кр СР Лк	ЭР	1
2.	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: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=235423">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=235423</a>	ПЗ кр СР Лк	ЭР	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	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 СР кр	24	1
4.	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 СР кр	16	0,8
5.	Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие/В.П. Сергеев - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.	СР ПЗ кр	77	1
6.	Строительные машины. В 2 т. Т.1-2: Справочник/ Под ред. В.А. Баумана.-Москва: Машиностроение, 1976-1977. Т.2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий.-2-е изд., перераб. и доп. -1977.-496 с.	ПЗ СР кр	16	0,8

## **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=](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.

Практические работы выполняются группами из 2-3 человек.

Отчеты по практическим работам 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 практических работ**

#### **Практическое занятие №1**

Тема: Изучение конструкции и расчет основных параметров поршневых растворонасосов.

Цель работы: Изучение конструкции и расчет основных параметров поршневых растворонасосов.

Задание: По заданным характеристикам произвести расчет параметров заданного поршневого растворонасоса.

Порядок выполнения работы:

Изучить классификацию и принцип работы поршневых растворонасосов. По заданным характеристикам при помощи схемы установки произвести расчет параметров заданного поршневого растворонасоса.

Форма отчетности

Отчеты должен содержать:

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

#### 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>
2. 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>

#### Дополнительная литература

1. Волков, Д. П. Строительные машины : учебное пособие / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2002. - 376 с.
2. 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.
3. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие/В.П. Сергеев - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.
4. Строительные машины. В 2 т. Т.1-2: Справочник/ Под ред. В.А. Баумана.-Москва: Машиностроение, 1976-1977. Т.2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий.-2-е изд., перераб. и доп. -1977.-496 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Принцип работы поршневого растворонасоса.
2. Основные показатели поршневого растворонасоса.

#### **Практическое занятие №2.**

Тема: Предприятия стройиндустрии.

Цель работы: Рассчитать годовую потребность завода в цементе и инертных материалах.

Задание: Рассчитать годовую потребность завода в цементе и инертных материалах.

Порядок выполнения работы: Расчёт годовой потребности завода в цементе и инертных материалах необходимо начинать с подбора состава бетона. Его рекомендуется осуществлять в следующей последовательности.

Определение марки бетона, необходимо для приготовления ж/б конструкций. Для этого необходимо установить среднюю прочность бетона R. По ГОСТ 25192-82 средняя прочность бетона R каждого класса определяется по формуле:

$$R = B/0.0980665(1-1.64*0.135) \quad (1)$$

Где B – численное значение класса бетона, МПа(30);

0,0980665 – переходный коэффициент от Мпа к кгс/см<sup>2</sup>;

1,64 – статистический коэффициент при 95%-ной обеспеченности;

0,135 – нормативный коэффициент вариации.

Определение водоцементного отношения – в/ц:

$$B/C = A * R_{ц} / R_{б} + 0,5 A * r_{ц} \quad (2)$$

Где A – эмпирический коэффициент, характеризующий качество заполнителя (A=0,6)

R<sub>ц</sub> – марка цемента (r<sub>ц</sub>=500)

R<sub>б</sub> – марка бетона

Потребное количество цемента Ц определяется из соотношения:

$$C = B/B/C, \quad (3)$$

Где Ц – расход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, кг

B – расход воды на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, л

B/C – водоцементное отношение

Расход общей массы песка и щебня:

$$П+Щ = M_{б} - (C+B), \quad (4)$$

П - расход песка на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, кг

Щ – расход щебня на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, кг

M<sub>б</sub> – масса 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, кг (в расчете принимаем M<sub>б</sub>=2400 кг)

Определение расхода песка:

$$П = D(П+Щ) \quad (5)$$

D – доля песка в общей массе заполнителя (D=0,38)

Определение расхода щебня:

$$Щ = (П+Щ) - П \quad (6)$$

Корректировка состава бетонной смеси:

Определяем количество воды в заполнителях:

$$B_{п} = П W_{п}, \quad B_{щ} = Щ W_{щ} \quad (7)$$

Где W<sub>п</sub> и W<sub>щ</sub> влажность песка и щебня (в расчёте принимаю 1% и 3%)

Устанавливаем действительный расход воды:

$$B_{д} = B - B_{п} - B_{щ} \quad (8)$$

Расход песка и щебня увеличиваем на массу воды, которая в них содержится:

$$П_{д} = П + B_{п} \quad (9)$$

$$Щ_{д} = Щ + B_{щ} \quad (10)$$

Далее определяем годовую потребность в составляющих бетона с учётом производственных потерь в размере 1.5%:

Расчёт технических характеристик склада цемента

Ёмкость склада цемента  $V_{сц}$

$$V_{сц} = Цг * Нз / Вр * Кз \quad (11)$$

Цг – годовая потребность в цементе, т

Вр фонд рабочего времени завода, сут (принимается 250 суток)

Нз норматив запаса цемента (Нз=6)

Кз коэффициент заполнения ёмкостей склада (Кз=0,9)

Расчёт технических характеристик складов песка и щебня

Расчёт склада заполнителя производится, исходя из потребности сырьевых материалов, нормативных запасов, и сводится к определению его вместимости, площади и геометрических размеров. Вместимость склада  $V_{сз}$ :

$$V_{сз} = Зг * Нз / Вр \quad (12)$$

Зг годовая потребность завода в заполнителе, м<sup>3</sup> (насыпную плотность щебня и песка принимаем 1,5 т/м<sup>3</sup>)

Нз – нормативный запас заполнителя на складе, сут (Нз=6)

Вр- фонд рабочего времени, сут

Определение площади склада заполнителя. Общая площадь склада определяется исходя из нормативного запаса материалов и нормы укладки их на 1 м<sup>2</sup> площади:

$$F = V_{сз} / q * Кис \quad (13)$$

F – расчётная площадь склада, м<sup>2</sup>

Q – количество материала, укладываемого на 1 м<sup>2</sup> площади склада ( для песка и щебня q=3-4, для других типов складов q=5-7) м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>

Длина склада определяется исходя из количества складированных материалов и высоты склада:

$$L = V_{сз} * tg a / hс \quad (14)$$

L-длина склада, м

A – угол естественного откоса (a=40)

hс – высота склада, м (10)

На основании расчётов выбираем склад для заполнителей бункерно-кольцевой, ёмкостью 200 тыс. м<sup>3</sup> и оптимальным годовым грузооборотом 8000 м<sup>3</sup> по таблице 10.

Расчёт технических характеристик бетоносмесительного узла.

Расчётная часовая потребность завода в бетонной смеси определяется по формуле:

$$Пбчр = Бг / Вр * С * Т \quad (15)$$

Пбчр – часовая потребность завода в бетонной смеси, м<sup>3</sup>

Бг – годовая производительность завода по бетону, м3

Вр –годовой фонд рабочего времени, сут

С – количество смен в сутки ( принимаем 2)

Е – продолжительность смены ( принимаем 8ч)

Требуемая часовая производительность бетоносмесительного узла Пбч:

$$Пбч = Пбчр * K1 / K2 \quad (16)$$

K1 – коэффициент резерва производства, K1=1,15-1,25

K2- коэффициент неравномерности выдачи бетонной смеси (K2=0,8)

Требуемое количество бетоносмесителей циклического действия Nb определяется:

$$Nb = Пбч / Qб * Kпо \quad (17)$$

Qб- производительность м3/час тяжелого бетона (Qб=5)

Kпо коэффициент использования оборудования Kпо=0,97

Объёмы расходных бункеров щебня, песка и цемента рассчитываются по формулам:

$$V_{бщ} = \frac{Щг * Пбч * n1}{Бг * Рнщ}$$

$$V_{бп} = \frac{Прг * Пбч * n2}{Бг * Рнп}$$

$$V_{бц} = \frac{Цг * Пбч * n3}{Бг * Рнц}$$

Vбщ, Vбп, Vбц – объёмы расходных бункеров щебня, песка и цемента

Щг, Прг, Цг- годовая потребность завода в щебне , песке и цементе, т.

Рнщ, Рнп, Рнц – насыпные плотности щебня, песка и цемента (Рнщ, Рнп=1,5 Рнц=1,1)

n1, n2, n3 – необходимый запас песка щебня и цемента.

Расчет площади склада арматуры.

Требуемая площадь склада арматуры определяется по формуле:

$$Fa = Aг * Нз * 1,04 / Вр * qa * Kia$$

Aг- годовая потребность завода в арматурной стали

Нз- норма запаса арматурной стали, сут. (Нз=25)

Вр- годовой фонд рабочего времени.

qa- масса стали, размещаемая на 1 м2 площади склада. (qa=3.2)

Kia- коэффициент использования площади склада Kia=0,33

1,04 – коэффициент показывающий усреднённую норму производственных потерь в размере 4%.

#### Форма отчетности

Отчеты должен содержать:

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

## 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>
2. 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>

## Дополнительная литература

1. Волков, Д. П. Строительные машины : учебное пособие / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2002. - 376 с.
2. 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.
3. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие/В.П. Сергеев - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.
4. Строительные машины. В 2 т. Т.1-2: Справочник/ Под ред. В.А. Баумана.-Москва: Машиностроение, 1976-1977. Т.2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий.-2-е изд., перераб. и доп. -1977.-496 с.

## Практическое занятие №3.

Тема: Изучение конструкции и расчет основных параметров валковых заглаживающих вибрационных машин

Цель работы: Изучить работу стэнда валковой заглаживающей вибрационной машины, рассчитать параметры, провести обработку результатов.

Задание: Рассчитать годовую потребность завода в цементе и инертных материалах.

Порядок выполнения работы Общий вид стэнда представлен на рис.3.1. Стэнд спроектирован на базе заглаживающая машина СМР-13 промышленного образца, которая состоит из рамы 1, расположенного на ней подвижного моста 2, на котором установлена передвигающаяся каретка 3. На каретку вместо стандартного навесного оборудования был установлен экспериментальный образец исследуемого валкового рабочего органа 4. Привод поперечных колебаний вала осуществляется посредством генератора колебаний 5. Насосная станция 6 посредством гибкого трубопровода 7 обеспечивает подачу жидкости к гидромоторам и, тем самым, передвижение моста и каретки. Управление экспериментальной установкой осуществляется пультом 8. Заглаживаемые изделия изготавливаются в форме 9.

Валковый рабочий орган с приводом поперечных колебаний представлен на рис.3.2. Он состоит из вала 1, корпусов 2 и 3, которые крепятся к качающейся раме 4. В корпусе 3 установлена плунжерная пара идентичная плунжерной паре, находящейся в генераторе колебаний. На ведомый вал корпуса 2 установлен ступенчатый шкив 5. Электродвигатель 10 и установленный на нем шкив 7 крепятся на поворотной раме 8, которая может поворачиваться относительно рамы 9. Рама 9 крепится к каретке заглаживающей машины. Ремни 6 обеспечивают передачу крутящего момента.

Генератор колебаний состоит из гидронасоса с регулируемой подачей, электродвигателя, ременной передачи, фильтра, гидромотора установленного на корпусе, в котором находится эксцентриковый вал, соединенный с валом гидромотора. Плунжерная пара связана с эксцентриковым валом. Рабочая жидкость заливается в бак. Все элементы генератора смонтированы на раме

Пульт управления состоит из корпуса, кнопок управления, расположенных на его крышке, выключателя сети. В корпусе пульта управления установлены понижающий трансформатор и электромагнитные пускатели.

Экспериментальный лабораторный стэнд работает следующим образом С пульта управления включается насосная станция 1. Рабочая жидкость (масло АМГ-10) подается под давлением в гибкий рукав высокого давления 2, устанавливая в нем рабочее давление  $P_0$ . Давле-

ние регистрируется масляным манометром 3. После установки давления в трубопроводе 2 вентилем 4 перекрывается подача масла. Далее включается генератор колебаний 5 и плунжер 6, связанный с эксцентриковым валом 7, начинает совершать колебательные движения, передавая движения валковому рабочему органу через рукав высокого давления 2 и плунжерную пару 8. Одновременно с включением генератора колебаний включается электродвигатель 9. При этом валок 14 начинает вращаться и одновременно совершать колебательные движения в горизонтальной плоскости. Передвижение моста и каретки осуществляется посредством гидромоторов 10 через гидрораспределители 11. Дросселями 12 изменяется скорость передвижения моста и каретки. Управление дросселями происходит с пульта управления.

### Методика проведения экспериментальных исследований

Объектом исследования являлся процесс поверхностной обработки бетонной смеси валковым рабочим органом с поперечными колебаниями. Основным параметром, характеризующим качество данного процесса, является шероховатость поверхности -  $R_L$ . Задачей исследований было определение рациональных рабочих параметров, обеспечивающих максимально возможное качество обрабатываемой поверхности. На основе анализа предыдущих исследований в качестве основных параметров выбраны следующие: скорость передвижения машины  $v_3$ , м/с; окружная скорость вала  $v_6$ , м/с; частота поперечных вибраций вала  $\omega_6$ , Гц; амплитуда поперечных колебаний вала  $A$ , мм; угол установки (атаки) вала  $\alpha$ , град; жесткость бетонной смеси  $J$ , сек; давление рабочего органа на обрабатываемую поверхность  $P$ , кПа.

В проведенных опытах изменялись первые четыре параметра. Валок устанавливался под углом к направлению движения  $\alpha = 15^\circ$ . Приготавливалась бетонная смесь жесткостью  $J = 80$  с, имеющая наибольшее применение для формирования элементов сборного железобетона на технологических линиях предприятий строительной индустрии. Давление валкового рабочего органа на обрабатываемую поверхность составляло  $P = 1$  кПа.

В результате анализа исследований по технологии обработки бетонных поверхностей заглаживающими рабочими органами [8, 9, 14, 23, 26, 27, 29], были приняты следующие значения основных уровней факторов и интервалов их варьирования (табл.№3.1). Была составлена матрица планирования 24 (табл.№ 3.2) [1], согласно которой было проведено 25 опытов с четырьмя повторными измерениями шероховатости поверхности в каждом опыте. Погреш-

ность измерения  $\rho_m$  будет определяться по формуле: 
$$\rho_m = \frac{18,5}{\sqrt{m}}$$
 , где  $m$  – число замеров. Предельная ошибка измерения составляла не более 10 процентов.

Таблица № 3.1 - Уровни факторов и интервалы варьирования

Факторы	Уровни фактора			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
$X_1$ - скорость заглаживания машины $v_3$ , м/с;	0,01	0,04	0,07	0,03
$X_2$ - окружная скорость вала $v_6$ , м/с;	1,61	1,94	2,27	0,33
$X_3$ - частота поперечных вибраций вала $\omega_6$ , Гц;	20	45	70	25
$X_4$ - амплитуда колебаний $A$ , мм;	1	3	5	2

Среднее арифметическое значение опыта определялось по формуле:

$$\bar{R}_{\Pi} = \frac{\sum_{1}^n R_{\Pi q}}{n}, \text{ где } n - \text{число опытов; } R_{\Pi q} - \text{результат отдельного опыта.}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^n (R_{\Pi q} - \bar{R}_{\Pi})^2}{n-1}}, \text{ где } S - \text{дисперсия.}$$

Квадратичная ошибка (стандарт) определялась как:

Для отсева ошибочных опытов использовался критерий Стьюдента

$$\frac{R_{\Pi} - \bar{R}_{\Pi}}{S} \geq t$$

, где  $t$  – значение критерия Стьюдента при числе степеней свободы  $(n-1) = 3$

и уровне значимости  $\alpha=0,10$  [1, 15]. Опыт считался не качественным, если значение критерия  $t$  было больше табличного значения. Уровень значимости  $\alpha=0,10$  был выбран на основе анализа экспериментальных исследований в области обработки незатвердевших бетонных смесей.

Таблица № 3.2 - Матрица планирования эксперимента

Номер опыта в матрице	$x_1 (v_3)$		$x_2 (v_B)$		$x_3 (\omega)$		$x_4 (A)$		$R_{\Pi}$ , мм (средний результат При 4 <sup>x</sup> измерениях)
	код	м/с	код	м/с	код	Гц	код	мм	
1	+1	0,07	+1	2,27	+1	70	+1	5	<b>2,03</b>
2	-1	0,01	+1	2,27	+1	70	+1	5	<b>1,12</b>
3	+1	0,07	-1	1,61	+1	70	+1	5	<b>2,80</b>
4	-1	0,01	-1	1,61	+1	70	+1	5	<b>2,01</b>
5	+1	0,07	+1	2,27	-1	20	+1	5	<b>1,51</b>
6	-1	0,01	+1	2,27	-1	20	+1	5	<b>1,31</b>
7	+1	0,07	-1	1,61	-1	20	+1	5	<b>2,33</b>
8	-1	0,01	-1	1,61	-1	20	+1	5	<b>1,43</b>
9	+1	0,07	+1	2,27	+1	70	-1	1	<b>2,51</b>
10	-1	0,01	+1	2,27	+1	70	-1	1	<b>1,42</b>
11	+1	0,07	-1	1,61	+1	70	-1	1	<b>3,05</b>
12	-1	0,01	-1	1,61	+1	70	-1	1	<b>2,34</b>
13	+1	0,07	+1	2,27	-1	20	-1	1	<b>1,78</b>
14	-1	0,01	+1	2,27	-1	20	-1	1	<b>1,62</b>
15	+1	0,07	-1	1,61	-1	20	-1	1	<b>2,61</b>
16	-1	0,01	-1	1,61	-1	20	-1	1	<b>1,72</b>
17	0	0,04	0	1,94	0	45	+1	5	<b>1,67</b>
18	0	0,04	0	1,94	0	45	-1	1	<b>2,02</b>
19	0	0,04	0	1,94	+1	70	0	3	<b>2,52</b>
20	0	0,04	0	1,94	-1	20	0	3	<b>1,92</b>
21	0	0,04	+1	2,27	0	45	0	3	<b>1,52</b>
22	0	0,04	-1	1,61	0	45	0	3	<b>2,18</b>
23	+1	0,07	0	1,94	0	45	0	3	<b>2,09</b>
24	-1	0,01	0	1,94	0	45	0	3	<b>1,15</b>
25	0	0,04	0	1,94	0	45	0	3	<b>1,72</b>

Составлено четырехфакторное уравнение регрессии (алгебраический полином 2-й степени), включающее линейные члены, члены взаимодействия факторов и квадратичные члены:

$$R_{II} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_1^2 + b_6x_2^2 + b_7x_3^2 + b_8x_4^2 + b_9x_1x_2 + b_{10}x_1x_3 + b_{11}x_1x_4 + b_{12}x_2x_3 + b_{13}x_2x_4 + b_{14}x_3x_4.$$

На основании данных, полученных экспериментальным путем, вычислялись коэффициенты регрессии  $b_i$ .

Для характеристики среднего разброса относительно линии регрессии вычислялась остаточная сумма квадратов. Затем определялась остаточная дисперсия (дисперсия адекватности):

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta R_{IIi}^2}{f}, \text{ где } f - \text{число степеней свободы. } f = N - k, \text{ где } N - \text{число опытов (} N = 25 \text{); } k - \text{число коэффициентов в модели (} k = 14 \text{).}$$

Для проверки гипотезы об адекватности использовался критерий Фишера ( $F$ -

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{\{R_{II}\}}^2}.$$

критерий) :

Проверка значимости каждого коэффициента проводилась независимо. Сначала находилась

$$\text{дисперсия коэффициента регрессии: } S_{\{b_j\}}^2 = \frac{S_{\{R_{II}\}}^2}{N} \text{ и}$$

доверительный интервал  $\Delta b_j = \pm t S_{\{b_j\}}$ , где  $t$  – табличное значение критерия Стьюдента

при числе степеней свободы, с которыми определяется  $S_{\{R_{II}\}}^2$ , и выбранном уровне значи-

мости  $\alpha=0,10$ ;  $S_{\{b_j\}}$  – квадратичная ошибка коэффициента регрессии  $S_{\{b_j\}} = + \sqrt{S_{\{b_j\}}^2}$ .

Формула для доверительного интервала выражается также в следующей эквивалентной фор-

$$\Delta b_j = \pm \frac{t S_{\{R_{II}\}}}{\sqrt{N}}.$$

ме:

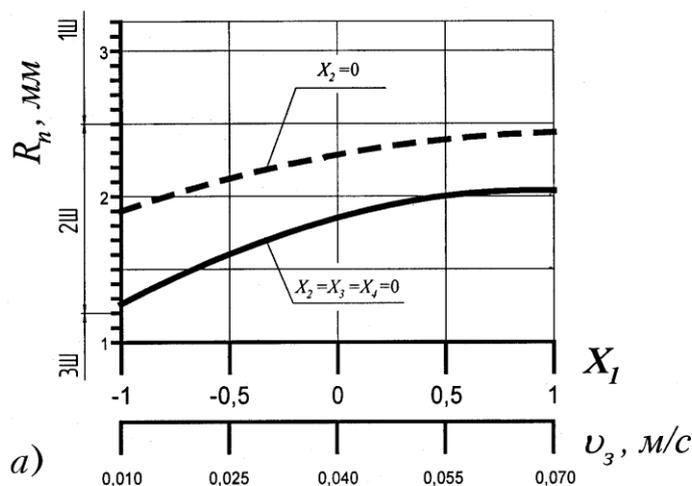
Коэффициент являлся значимым, если его абсолютная величина была больше доверительного интервала. Уровень значимости  $\alpha=0,10$  был выбран на основе анализа экспериментальных исследований в области обработки незатвердевших бетонных смесей. Уровень значимости  $\alpha=0,10$  был выбран на основе анализа экспериментальных исследований в области обработки незатвердевших бетонных смесей.

### Обработка результатов эксперимента

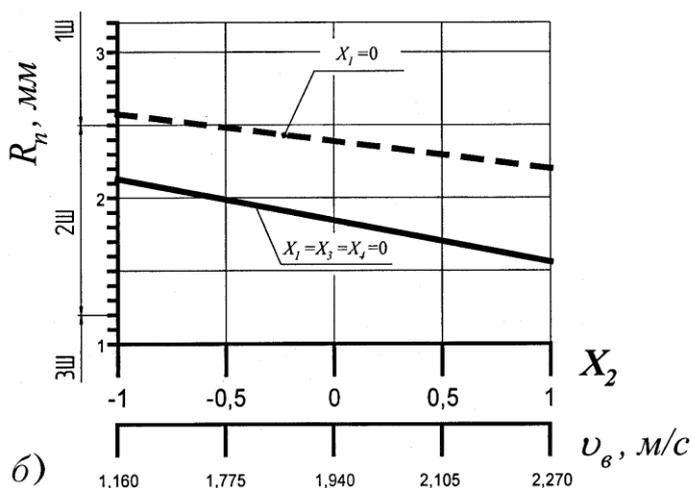
В результате проведения экспериментальных исследований получены значения шероховатости с применением поперечных колебаний рабочего органа и без них. На рис. 3.7 представлены результаты этих исследований. Из анализа полученных графиков видно, что эффективность обработки поверхности возрастает и в среднем составляет  $\Delta R_n=0,54$  мм. Очевидно, что применение вибрации обеспечивает иной характер процесса заглаживания: идет более интенсивное тиксотропное разжижение градиентного слоя бетонной смеси. Под действием дополнительного поперечного сдвига происходит механическое перераспределение компонентов в более плотную упаковку. К поверхности трения вытесняется цементно-песчаное тесто, которого становится достаточно для сглаживания неровностей. Благодаря этому, качество обработанной поверхности улучшается и переходит на класс выше.

В результате эксперимента, проведенного согласно составленной матрице (табл. № 3.2), путем измерений было получено 25 значений шероховатости заглаженной поверхности (табл. № 3.3, колонка 2).

Как уже отмечалось выше, в нулевой точке было проведено четыре параллельных опыта. Среднее арифметическое значение опыта составило  $\bar{R}_n = 1,717$  мм. Дисперсия при этом получилась равной  $S^2 = 0,022$ , а квадратичная ошибка (стандарт)  $S = 0,147$  мм. По полученным значениям шероховатости заглаженной поверхности было рассчитано 15 коэффициентов регрессии (табл. № 3.4).



а)



б)

----- без поперечных колебаний рабочего органа

———— с применением поперечных колебаний рабочего органа

Рис.3.7. Влияние поперечных вибраций на шероховатость заглаженной поверхности при варьировании:

а) скорости заглаживания; б) окружной скорости вала

Таблица № 3.3 - Значение шероховатости заглаженной поверхности, полученные в результате эксперимента и расчетов

Номер опыта в матрице	$R_L$ , мм (средний результат при 14-и мерениях)	$R_L$ , мм (расчетный)	$\Delta R_L$ , мм (отклонение среднего от расчетного)	Номер опыта в матрице	$R_L$ , мм (средний результат при 14-и измерениях)	$R_L$ , мм (расчетный)	$\Delta R_L$ , мм (отклонение среднего от расчетного)

1	2	3	4
1	2,03	1,985	0,045
2	1,12	1,207	-0,087
3	2,80	2,921	-0,121
4	2,01	1,900	0,110
5	1,51	1,602	-0,092
6	1,31	1,172	0,138
7	2,33	2,216	0,114
8	1,43	1,543	-0,113
9	2,51	2,371	0,139
10	1,42	1,570	-0,150
11	3,09	3,264	-0,174
12	2,34	2,221	0,119
13	1,78	1,926	-0,146

1	2	3	4
14	1,62	1,473	0,147
15	2,61	2,497	0,113
16	1,72	1,801	-0,081
17	1,67	1,666	0,004
18	2,02	1,988	0,032
19	2,52	2,403	0,117
20	1,92	2,001	-0,081
21	1,52	1,516	0,004
22	2,18	2,148	0,032
23	2,09	1,970	0,120
24	1,15	1,234	-0,084
25	1,72	1,828	-0,108

При проверке адекватности составленного многофакторного уравнения регрессии дисперсия адекватности составила  $S_{ад}^2 = 0,027$ . Сравнивая полученное значение критерия Фишера  $F=1,235$  с табличным значением  $F_{табл}=2,66$  при 10%-ном уровне значимости можно сделать вывод о том, что полученное уравнение регрессии адекватно.

Таблица № 3.4 - Коэффициенты регрессии

Коэффициент	Значение	Коэффициент	Значение
$b_0$	1,834442	$b_8$	0,041058
$b_1$	0,396680	$b_9$	-0,028735
$b_2$	-0,287764	$b_{10}$	0,100175
$b_3$	0,212378	$b_{11}$	0,026265
$b_4$	-0,132764	$b_{12}$	-0,067325
$b_5$	-0,183942	$b_{13}$	0,021265
$b_6$	0,046058	$b_{14}$	-0,002325
$b_7$	0,267338		

Далее проводилась проверка значимости каждого коэффициента регрессии. Для этого рассчитали дисперсию коэффициента регрессии -  $S_{\{b_j\}}^2 = 0,00088$ . Квадратичная ошибка коэффициента регрессии равна  $S_{\{b_j\}} = 0,02966$ . Доверительный интервал при выбранном уровне значимости в соответствии с табличным критерием Стьюдента [1]  $\Delta b_j = 0,0697$ . В результате из полученной модели были отброшены следующие коэффициенты:  $b_6 = 0,041058$ ;  $b_8 = 0,041058$ ;  $b_9 = -0,028735$ ;  $b_{11} = 0,026265$ ;  $b_{12} = -0,067325$ ;  $b_{13} = 0,021265$ ;  $b_{14} = -0,002325$ .

В итоге получили адекватную модель в виде многофакторного уравнения регрессии, которая отражает изменение величины шероховатости заглаженной поверхности от параметров варьирования, и запишется в виде:

$$R_{II} = 1,834442 + 0,39668 \cdot x_1 - 0,287764 \cdot x_2 + 0,212378 \cdot x_3 - 0,132764 \cdot x_4 - 0,183942 \cdot x_1^2 + 0,267338 \cdot x_3^2 + 0,100175 \cdot x_1 x_3.$$

Решением полученного уравнения будет являться поиск минимума функции

$R_{II} = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$  при варьировании переменных в интервале от -1 до +1. Расчет переменных производился с использованием программного обеспечения «MathCad». В результате решения уравнения были определены значения  $x_1, x_2, x_3$  и  $x_4$ , которые составили со-

ответственно в кодированном значении  $-1$ ,  $+1$ ,  $-0,08$  и  $1$ . В реальных значениях это составило: скорость заглаживания машины  $v_3 = 0,01$  м/с; окружная скорость валка  $v_в = 2,27$  м/с; частота поперечных вибраций валка  $\omega_в = 43$  Гц ( $270$  рад/с); амплитуда колебаний  $A = 5$  мм. Дальнейший анализ полученного уравнения позволил установить функциональные зависимости между факторами, степень и характер влияния каждого из них на качество заглаживания.

На рис.3.8 показаны графические зависимости изменения шероховатости заглаженной поверхности при изменении одного из факторов в кодированных значениях от  $-1$  до  $+1$ . Остальные факторы находились в фиксированном положении и в сочетаниях « $-1,-1,-1$ », « $0,0,0$ » и « $1,1,1$ ».

Из графиков видно, что увеличение скорости заглаживания  $v_3$  отрицательно влияет на качество обрабатываемой поверхности и обладает нелинейностью. (рис.3.8а). При увеличении  $v_3$  будет уменьшаться заглаживающая способность, которая напрямую характеризует степень обработки поверхности конструкций, отформованных из жестких бетонных смесей. Вследствие этого происходит недостаточная обработка поверхностного слоя бетонной смеси, и качество отделки уменьшается до верхнего предела класса 2Ш.

Окружная скорость валка  $v_в$  в отличие от  $v_3$  имеет прямо пропорциональное влияние на качество обработки (рис.3.8б). При увеличении  $v_в$  заглаживающая способность возрастает, качество отделки улучшается до нижнего предела класса 2Ш. При увеличении амплитуды колебаний рабочего органа качество заглаживания улучшалось от верхнего до нижнего предела класса шероховатости 2Ш (рис.3.8г). Дальнейшее повышение амплитуды колебаний ( $A > 6$  мм) приводило к сильной вибрации всей заглаживающей машины, что вызывало резкое ухудшение качества отделки и нарушение макрогеометрии изделия.

Влияние факторов  $x_1$  и  $x_2$  подробно было изучено А.В. Болотным. Вследствие этого автором не ставилась задача определения оптимальных значений этих факторов, чем продиктован достаточно узкий выбор их интервалов варьирования.

Что же касается фактора  $x_3$  и  $x_4$  - частоты поперечных колебаний валка  $\omega_в$  и амплитуды колебаний  $A$ , то здесь был взят максимально широкий интервал варьирования, который обеспечивался конструкцией экспериментально стенда. Анализируя график на рис.3.8в можно сказать, что функция шероховатости имеет минимум в одной точке.

Изменяя значение каждого фактора в интервале его варьирования при фиксированных остальных на оптимальных значениях получили систему графиков (рис.3.9), которая наглядно доказывает, что рассчитанные значения являются оптимальными и позволяют обрабатывать поверхность до класса шероховатости 3Ш с шероховатостью  $R_{II} = 0,97$  мм.

Из графика (рис.3.9в) видно, что оптимальное значение  $\omega_в$  равно 43Гц. В процессе исследований было установлено, что с увеличением  $\omega_в$  до 43Гц качество отделки поверхности улучшалось. Дальнейшее увеличение  $\omega_в$  приводит к увеличению шероховатости. Это объясняется снижением амплитуды колебаний вследствие несовпадения собственной частоты рабочего органа и частоты вынуждающей силы и, как следствие, уменьшение интенсивности вибрирования.

В промышленных условиях на предприятиях сборного железобетона не всегда существует возможность соблюдать технические условия обработки бетонных поверхностей. Многие из параметров в силу объективных причин отклоняются от оптимальных значений случайным образом или целенаправленно.

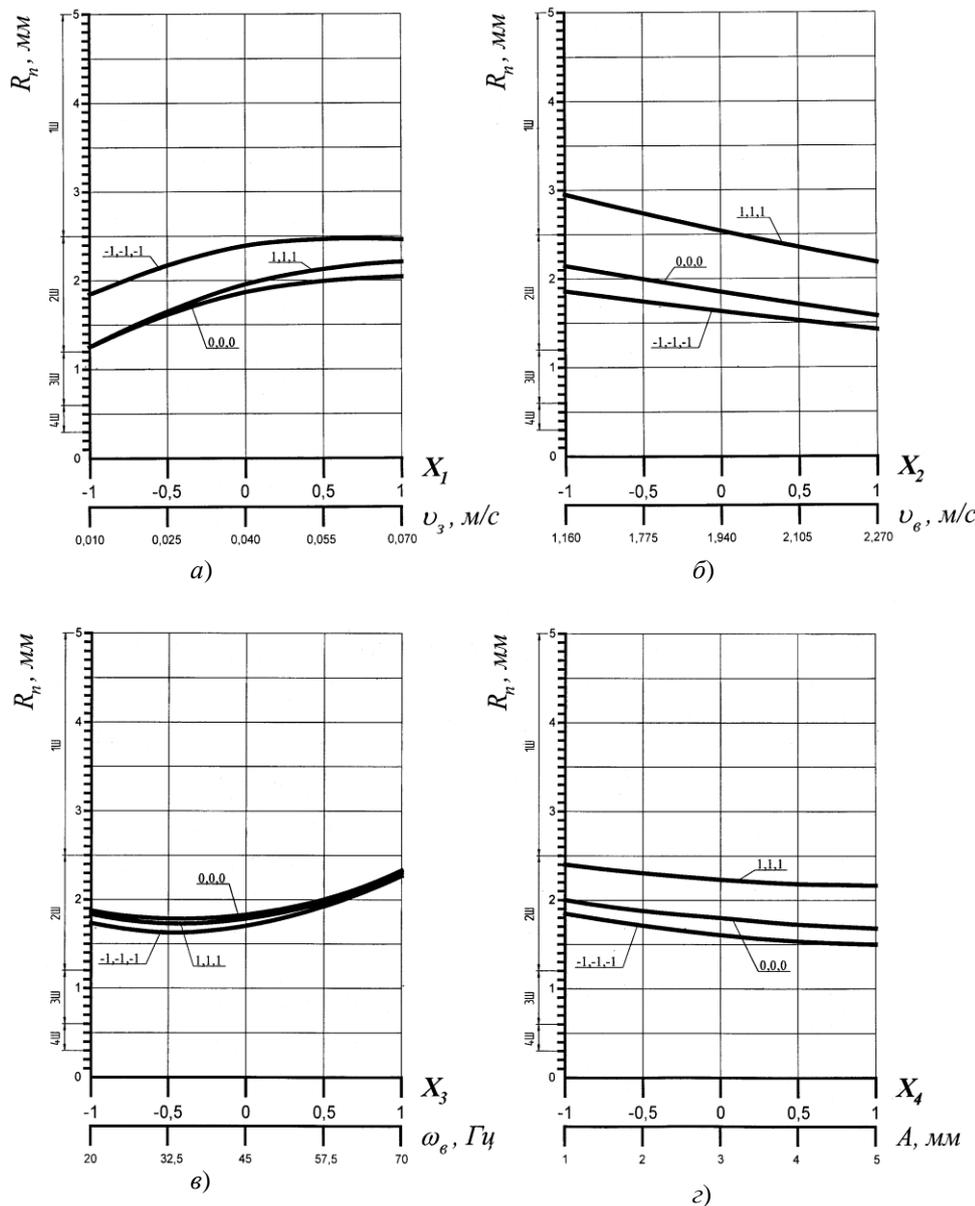


Рис. 3.8. Изменение шероховатости поверхности при варьировании:  
 а) скорости заглаживания; б) окружной скорости вала;  
 в) частоты поперечных колебаний; г) амплитуды колебаний

При этом качество обрабатываемой поверхности начинает ухудшаться. Однако путем изменения значений остальных параметров все же можно приблизиться к наилучшему результату. Трехмерные графики наглядно показывают изменение шероховатости поверхности при взаимодействии двух факторов. Используя изолинии можно подобрать такое сочетание значений факторов, при котором шероховатость будет оставаться величиной постоянной.

Поверхность отклика при взаимодействии скорости заглаживания  $v_3$  и окружной скорости вала  $v_B$  (рис.3.10) показывает, что их сочетание имеет более сильное влияние на процесс, по сравнению с другими сочетаниями рассматриваемых факторов. Размах шероховатости при изменении  $v_B$  и  $v_3$  в заданных интервалах варьирования колеблется от 0,969 до 2,268 мм и составляет 1,299 мм. Наихудшее сочетание наблюдается при  $x_1 = 1$  ( $v_3=0,07$  м/с) и  $x_2 = -1$  ( $v_B=1,61$  м/с). Наилучшее сочетание при  $x_1 = -1$  ( $v_3=0,01$  м/с) и  $x_2 = 1$  ( $v_B=2,27$  м/с). Если сравнивать степень влияния между скоростью заглаживания  $v_3$  и окружной скоростью вала  $v_B$ , то из графика видно, что  $v_3$  сильнее влияет на процесс.

Размах шероховатости при изменении  $v_3$  при постоянной  $v_B$  в среднем составляет 0,8 мм, в то время как окружная скорость при постоянной скорости заглаживания изменяет значение шероховатости в среднем на 0,5 мм.

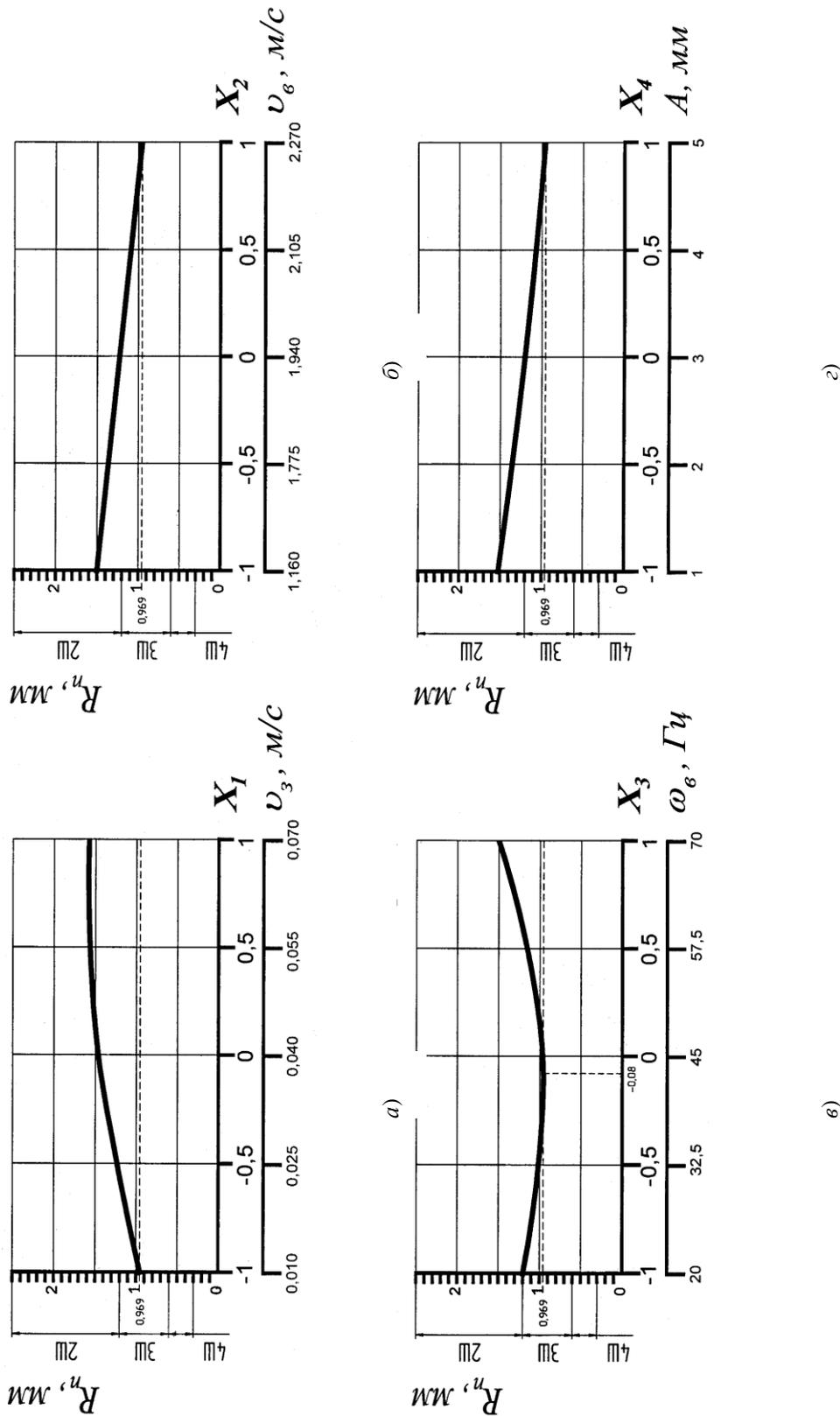


Рис. 3.9. Изменение шероховатости заглаживаемой поверхности при варьировании:  
 а) скорости заглаживания при  $X_2=1, X_3=-0,08, X_4=1$ ; б) окружной скорости вала при  $X_1=-1, X_3=-0,08, X_4=1$ ;  
 в) частоты поперечных колебаний при  $X_1=-1, X_2=1, X_4=1$ ; г) амплитуды колебаний при  $X_1=-1, X_2=1, X_3=-0,08$

На рис.3.11 представлена поверхность отклика шероховатости заглаженной поверхности при взаимодействии скорости заглаживания  $v_3$  и частоты поперечных колебаний  $\omega_B$ . Анализируя изолинии, видно, что максимальное качество обработки достигается при скорости загла-

живания  $v_3=0,01$  м/с («-1» в кодированном значении) и частоте поперечных колебаний  $\omega_B$  близкой к 45 Гц (вычисленное выше оптимальное значение  $\omega_B=43$  Гц). При увеличении скорости заглаживания до 0,07 м/с значение частоты поперечных колебаний, при котором шероховатость будет наименьшей, снижается примерно до 33 Гц. Наихудшее качество обработки  $R_n = 2,217$  мм получается при  $\omega_B=70$  Гц и  $v_3=0,07$  м/с.

Взаимодействие факторов  $v_3$  - окружной скорости и  $A$  – амплитуды колебаний рабочего органа показано на рис.3.12. Представленные поверхность отклика шероховатости и изолинии, получающиеся при фиксированных значениях шероховатости и варьировании  $v_3$  и  $A$ , наглядно показывают изменение функции качества обрабатываемой поверхности. Степень влияния скорости заглаживания, как видно из рис.3.15, значительно превышает влияние амплитуды колебаний рабочего органа. Изменение шероховатости составляет в среднем 0,7 мм при изменении  $v_3$ , и 0,2 мм при изменении  $A$ . Наилучшее качество отделки получается при  $v_3=0,01$  м/с («-1») и при  $A=5$  мм («1»). Наихудшее качество обработки получается при  $A=1$  мм и  $v_3=0,07$  м/с (в кодированных значениях «-1» и «+1» соответственно). Шероховатость поверхности при варьировании факторов  $x_1$  и  $x_4$  изменяется в интервале от  $R_n = 0,969$  мм до  $R_n = 1,911$  мм.

Поверхность отклика и соответствующие изолинии шероховатости заглаженной поверхности при взаимодействии окружной скорости вала  $v_B$  и частоты поперечных колебаний вала  $\omega_B$  показаны на рис.3.13. Поверхность отклика имеет выгнутый характер по отношению к частоте колебаний  $\omega_B$ . Причем перегиб наблюдается при значении  $\omega_B \approx 36$  Гц (при окружной скорости  $v_B=1,16$  м/с) и достигает значения 43 Гц при увеличении  $v_B$  до 2,27 м/с. При анализе поверхности отклика и графиков изолиний видно, что максимальное значение шероховатости  $R_n = 1,890$  мм достигается при значениях факторов  $x_2 = -1$  и  $x_3 = 1$  в кодированном значении или  $v_B=1,16$  м/с и  $\omega_B=70$  Гц в реальных значениях. Минимальное значение  $R_n < 1,0$  мм, т.е. наилучшее качество обработки, получается при  $x_2 = 1$  и  $x_3 = -0,08$  или  $v_B=2,27$  м/с и  $\omega_B$  в интервале от 40 до 45 Гц. Окружная скорость  $v_B$  имеет большую степень влияния, чем частота поперечных колебаний  $\omega_B$ .

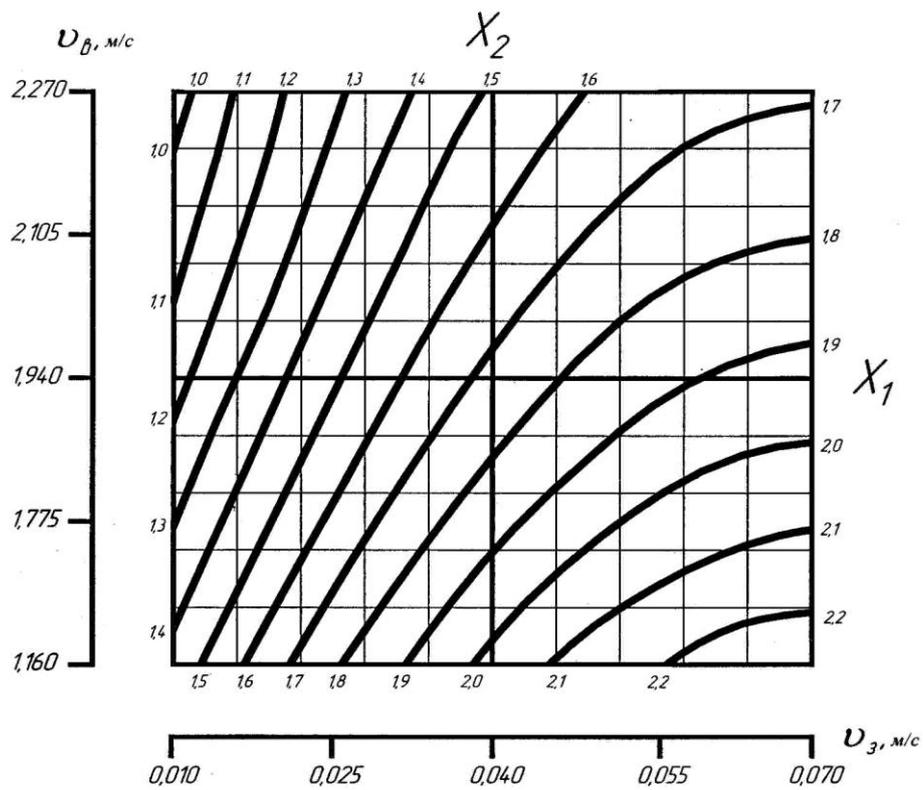
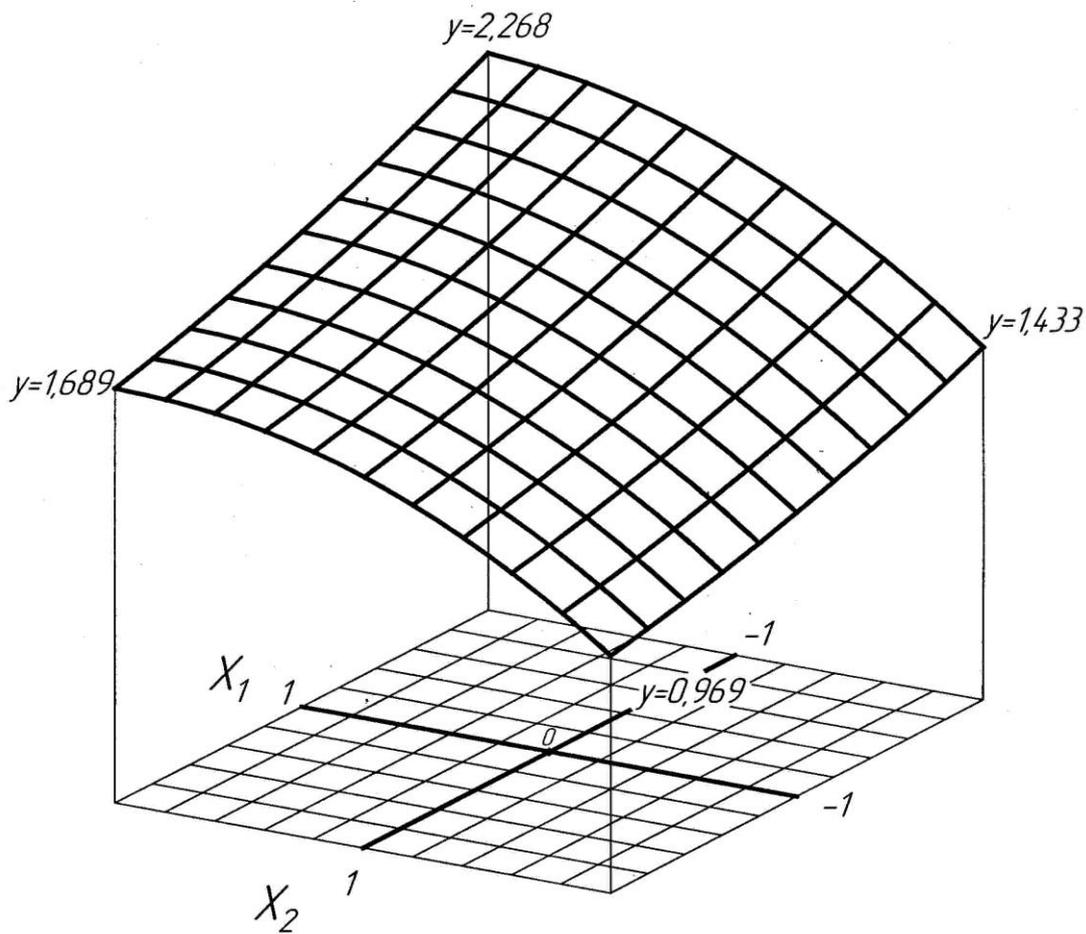


Рис.3.10. Поверхность отклика и соответствующие изолинии при взаимодействии факторов  $X_1$  и  $X_2$

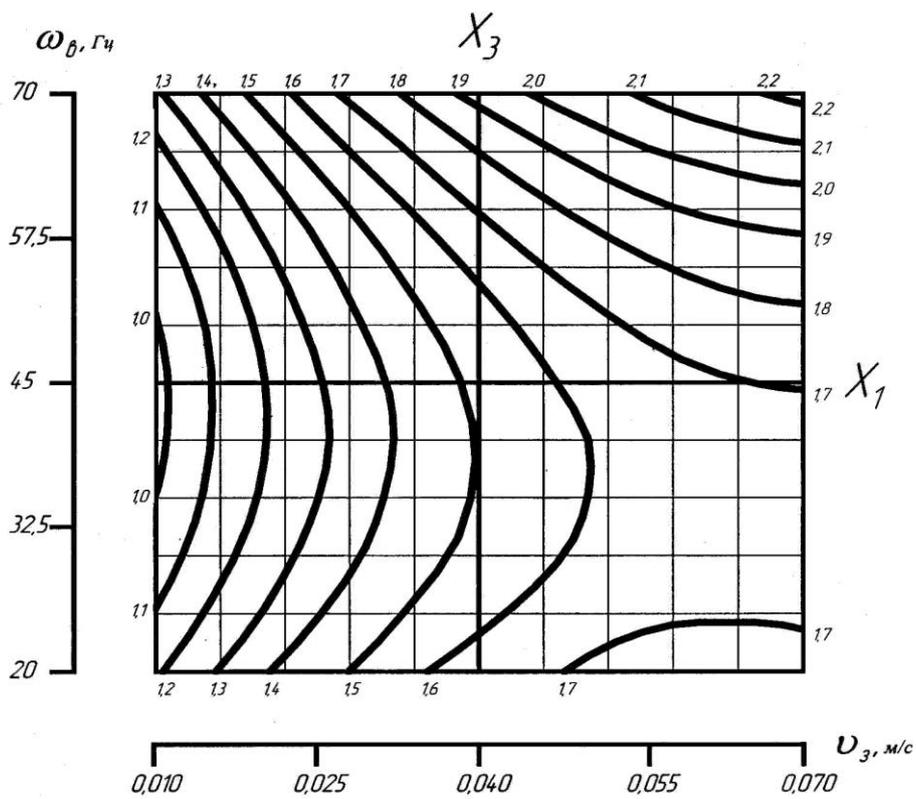
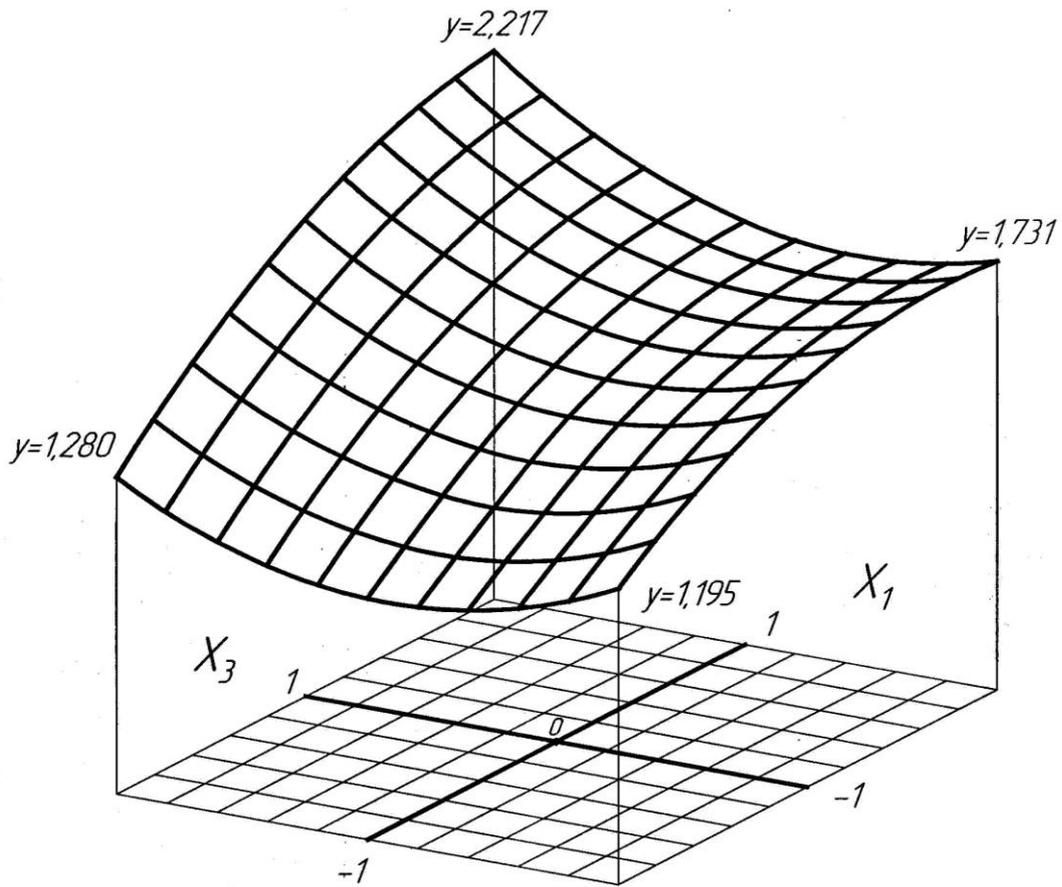


Рис. 3.11. Поверхность отклика и соответствующие изолинии при взаимодействии факторов  $X_1$  и  $X_3$

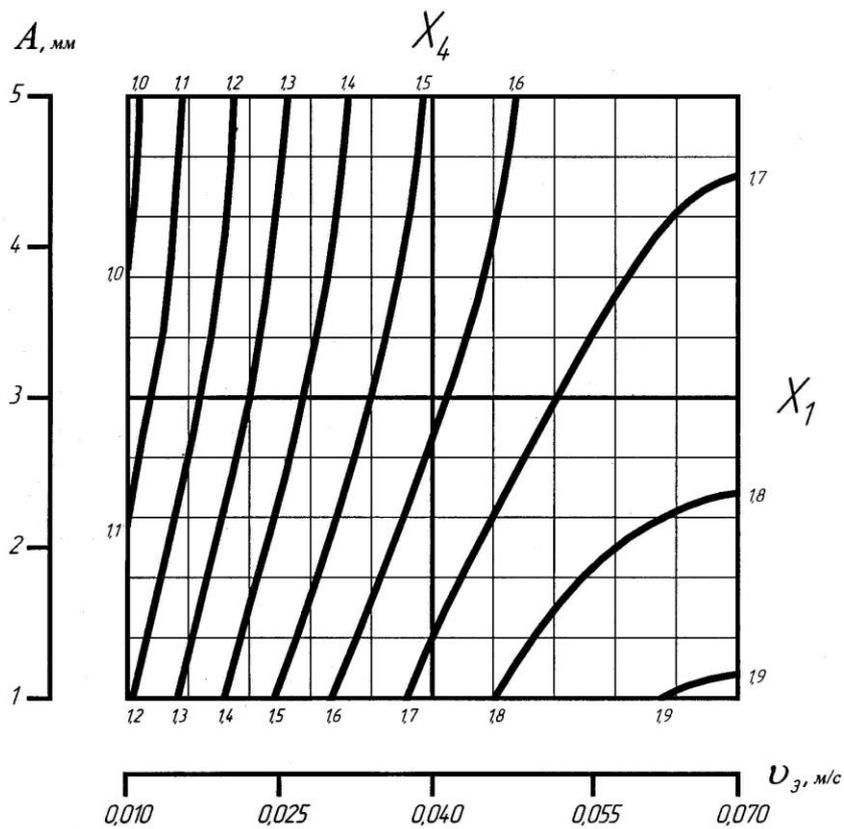
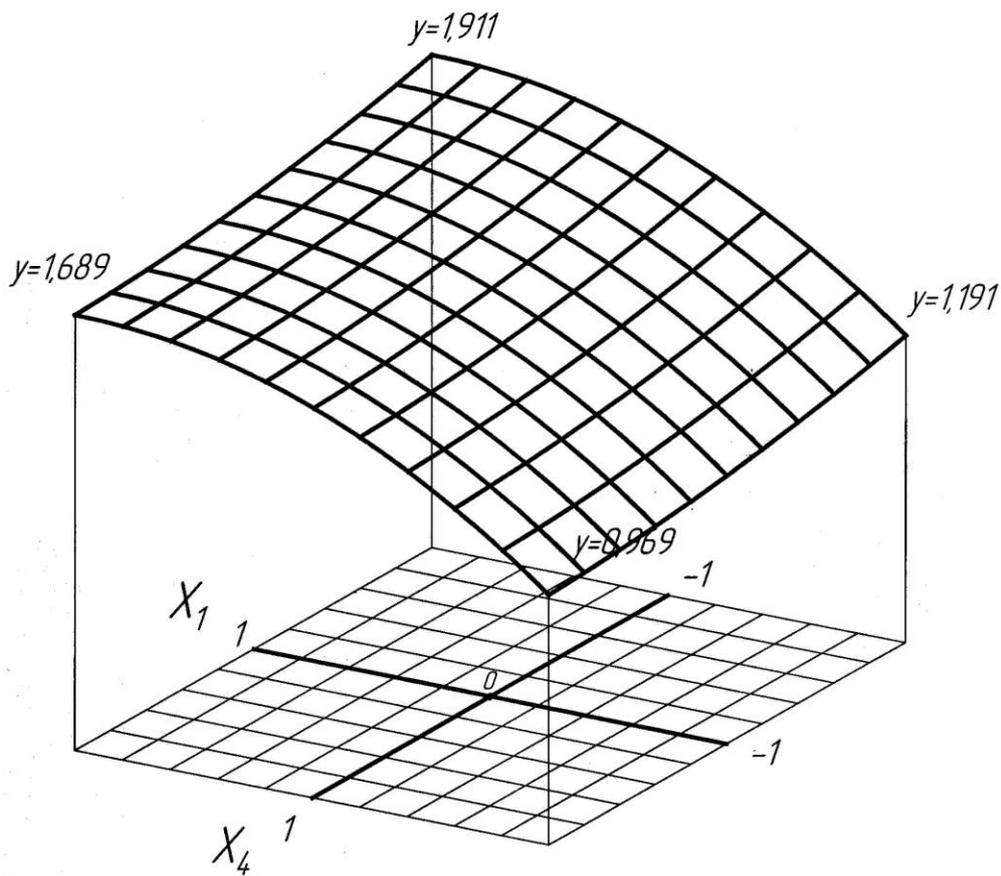


Рис.3.12. Поверхность отклика и соответствующие изолинии при взаимодействии факторов  $X_1$  и  $X_4$

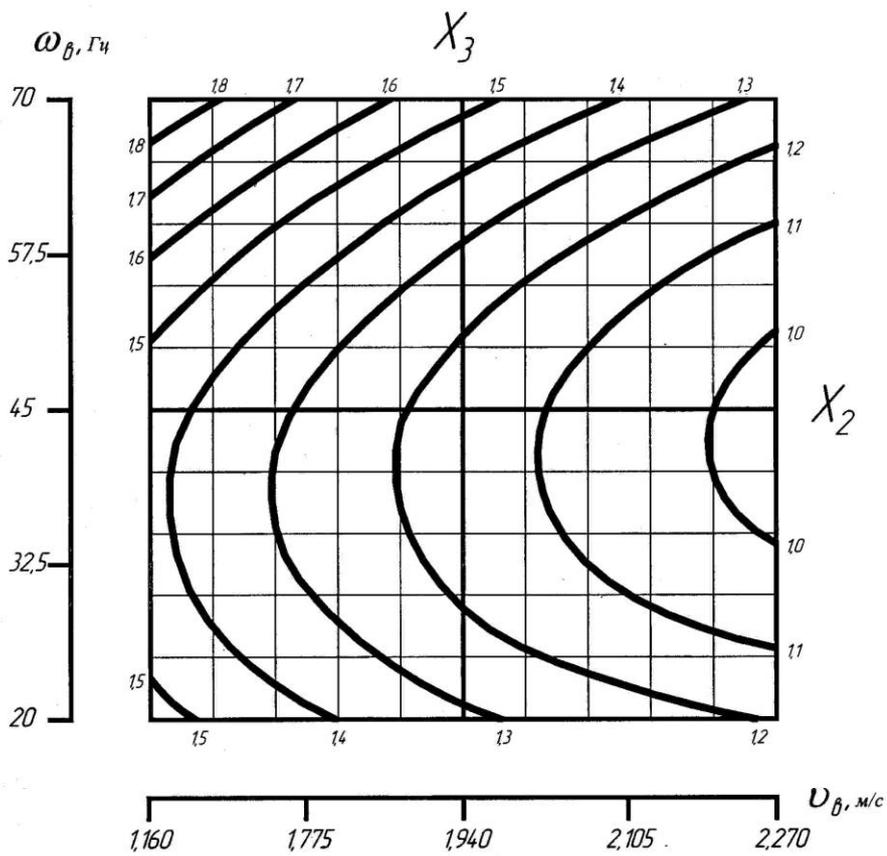
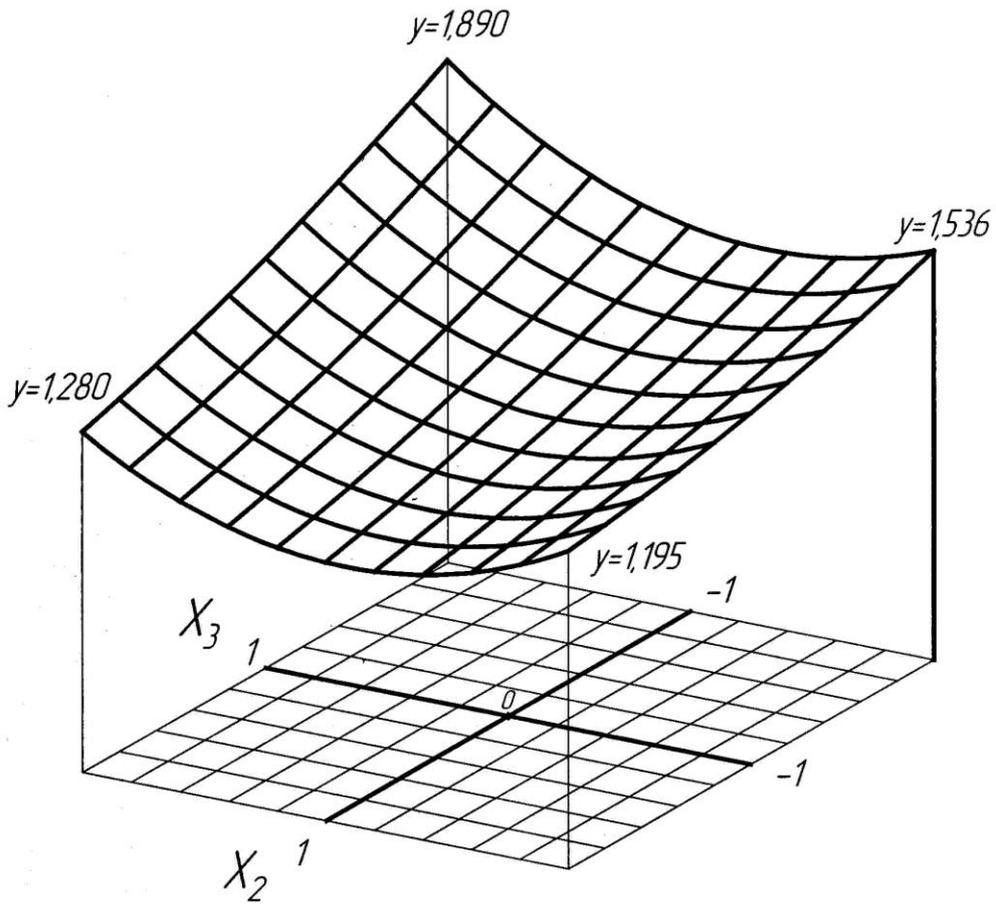


Рис. 3.13. Поверхность отклика и соответствующие изолинии при взаимодействии факторов  $X_2$  и  $X_3$

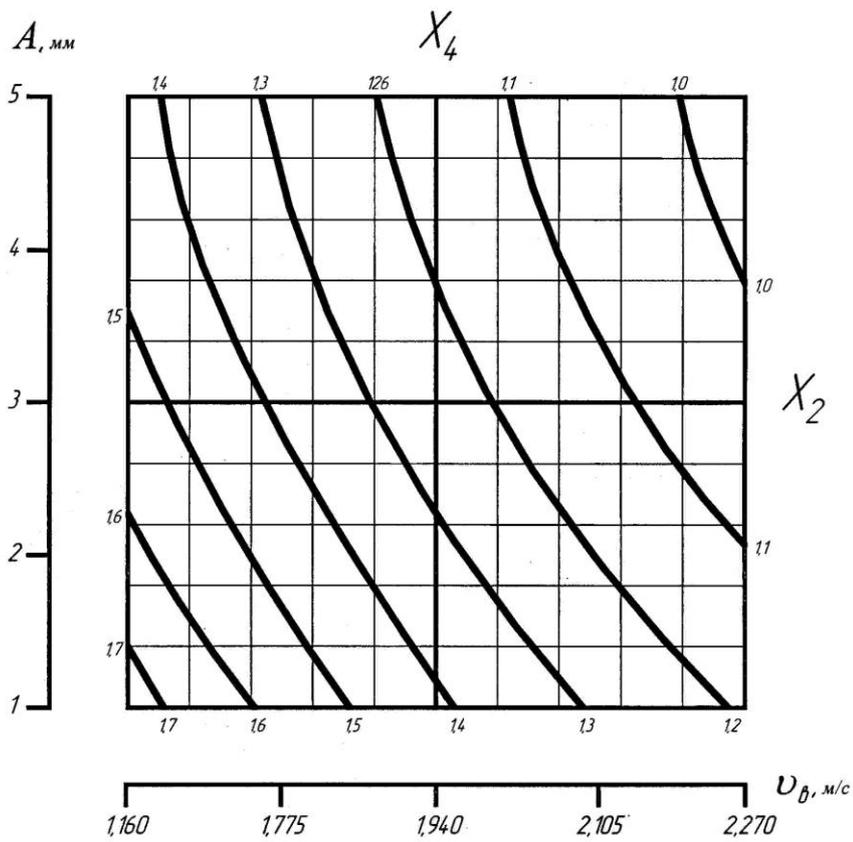
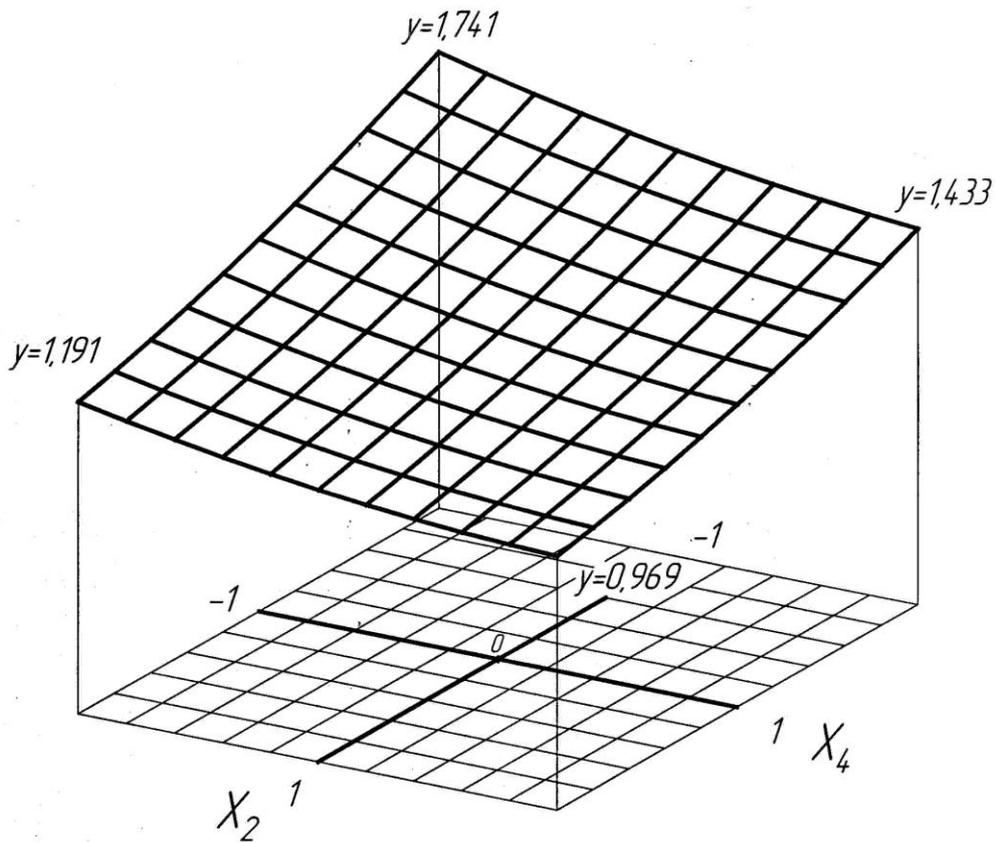


Рис. 3.14. Поверхность отклика и соответствующие изолинии при взаимодействии факторов  $X_2$  и  $X_4$

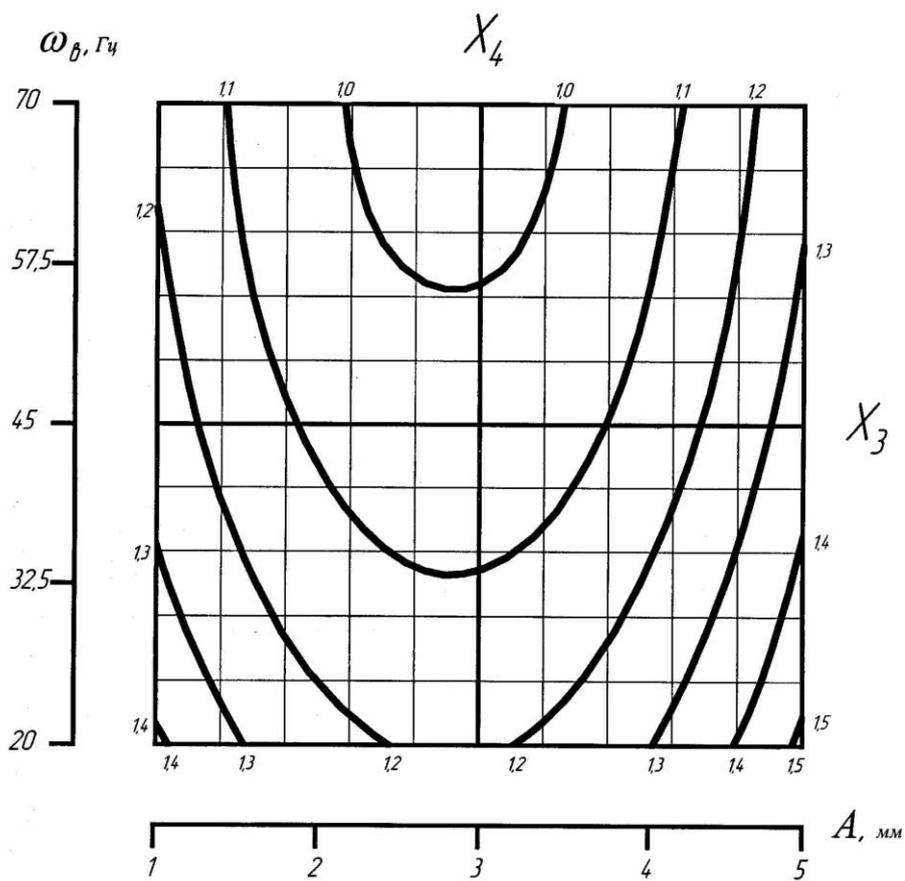
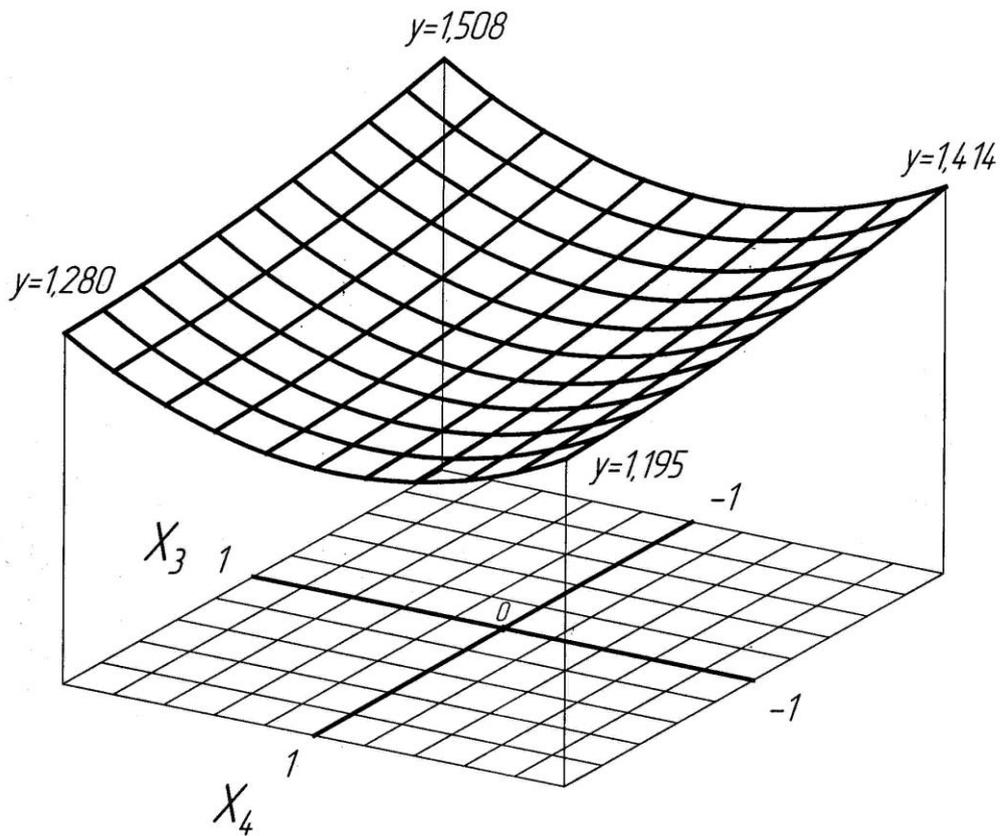


Рис. 3.15. Поверхность отклика и соответствующие изолинии при взаимодействии факторов  $X_3$  и  $X_4$

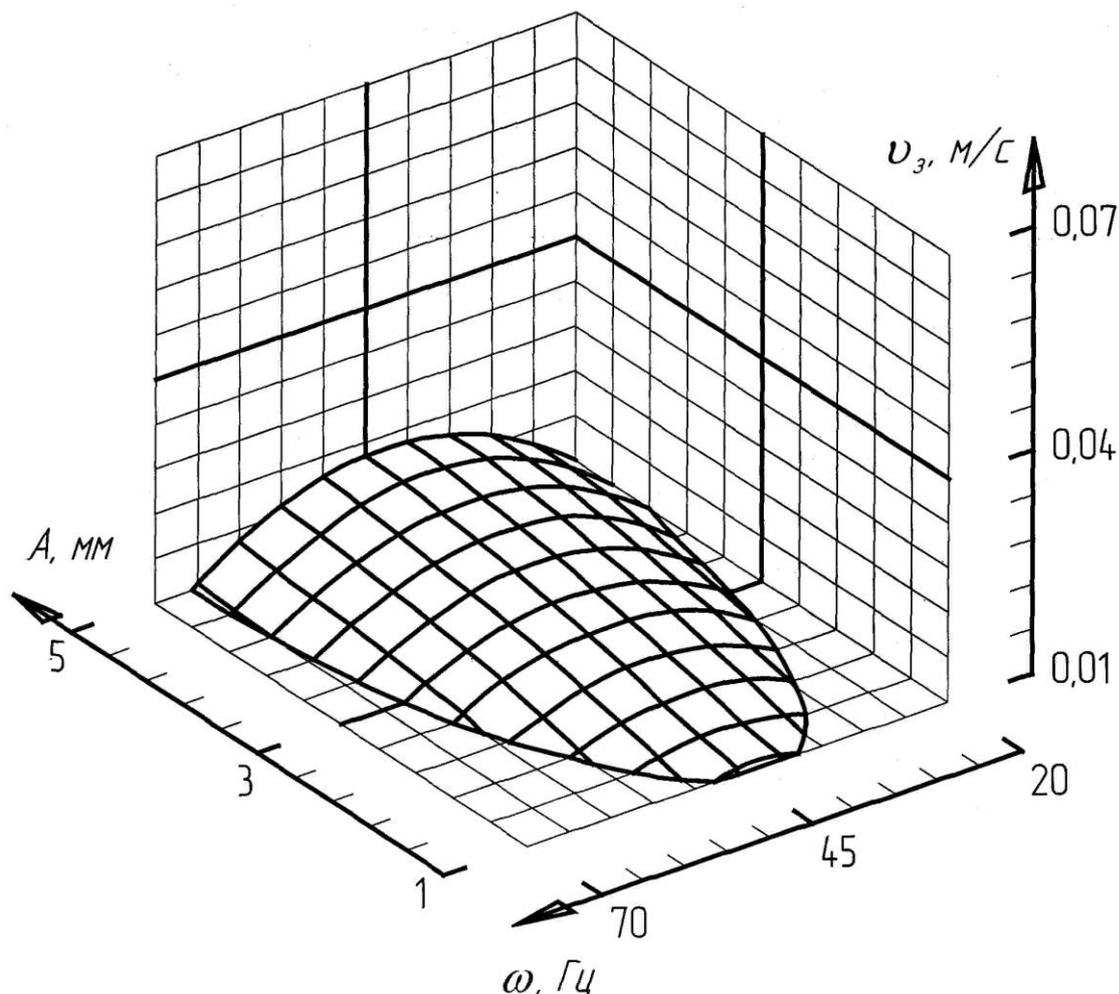


Рис. 3.16. Область варьирования параметров заглаживания для достижения шероховатости поверхности класса 3Ш.

На рис.3.14 представлена поверхность отклика шероховатости заглаженной поверхности при взаимодействии окружной скорости вала  $v_B$  и амплитуды колебаний рабочего органа  $A$ .

Анализируя изолинии видно, что максимальное качество обработки ( $R_n = 0,969$  мм) достигается при окружной скорости вала  $v_B = 2,27$  м/с («1» в кодированном значении) и амплитуды колебаний рабочего органа равной 5 мм («1» в кодированном значении). При уменьшении окружной скорости вала до 1,16 м/с и амплитуды  $A$  до 1 мм получается наихудшее качество обработки  $R_n = 1,741$  мм. Размах шероховатости при изменении  $v_B$  при постоянной  $A$  в среднем составляет 0,507 мм, в то время как давление при постоянной окружной скорости вала изменяет значение шероховатости в среднем на 0,265 мм, что говорит о том, что степень влияния  $v_B$  на обработку незатвердевшей поверхности больше, чем  $A$ .

Взаимодействие факторов  $x_3$  (частоты поперечных колебаний  $\omega_B$ ) и  $x_4$  (амплитуда поперечных колебаний рабочего органа  $A$ ) на процесс заглаживания показано на рис.3.15. Поверхность отклика представляет собой вогнутую поверхность, нижняя точка которой находится на пересечении значений частоты поперечных колебаний  $\omega_B < 45$  Гц и амплитуды колебаний рабочего органа  $A = 5$  мм. Рассчитанное выше значение  $\omega_B$  составило 43 Гц. Значение шероховатости в нижней точке поверхности отклика  $R_n = 0,969$  мм.

Значения  $v_3$ ,  $\omega$  и  $A$ , входящие в область фигуры будут обеспечивать заглаживание поверхности в пределах от 0,969 до 1,200 мм, что соответствует 3-у классу шероховатости (3Ш).

Весь остальной объем рассматриваемого куба и входящие в него значения указанных параметров обеспечивают заглаживание, соответствующее классу шероховатости 2Ш.

Отклонения от полученных оптимальных значений параметров приведет к ухудшению качества обработки.

В результате экспериментальных исследований можно сделать **следующие выводы:**

- применения поперечных колебаний валкового рабочего органа по сравнению с рабочим органом, не совершающим колебаний, обеспечивает более интенсивное воздействие на поверхностный слой бетонной смеси; происходит механическое перераспределение компонентов в более плотную упаковку, а к поверхности трения вытесняется цементно-песчаное тесто, благодаря чему, качество обработанной поверхности улучшается. При этом шероховатость поверхности снижается на 24 процента.

- с использованием теории многофакторного эксперимента разработана математическая модель изменения шероховатости поверхности обрабатываемых бетонных изделий, позволяющая на стадии проектирования назначать рациональные кинематические и геометрические параметры рабочего органа;

- рекомендуемые значения частоты и амплитуды поперечных колебаний, принадлежат промежутку: амплитуда от 0,5 до 3 мм, частота от 20 до 40 Гц.

- рекомендуемые значения скорости заглаживания  $v_z = 0,01 \dots 0,02$  м/с и окружной скорости вала  $v_v = 1,5 \dots 2,3$  м/с.

Основная литература

[1,2] из раздела 7

Дополнительная литература

[3-8] из раздела 7

#### **Практическое занятие №4.**

Тема: Изучение конструкции и расчет основных параметров дисковых вибрационных заглаживающих машин.

Цель работы: Изучить конструкцию и рассчитать основные параметры дисковых вибрационных заглаживающих машин.

#### **Описание пилотного промышленного стенда вибрационной дисковой заглаживающей машины**

На рис. представлен общий вид экспериментального стенда вибрационной дисковой заглаживающей машины. Он состоит из заглаживающего диска, жестко соединенного с редуктором-вибратором, который приводится во вращение от электрического двигателя. Передвижение машины вдоль обрабатываемой незатвердевшей бетонной поверхности осуществляется оператором посредством рукояти. Шероховатость поверхности измерялась прибором ИШБ-8А. Характеристика прибора для измерения шероховатости поверхности приведена в табл. № 4.1.

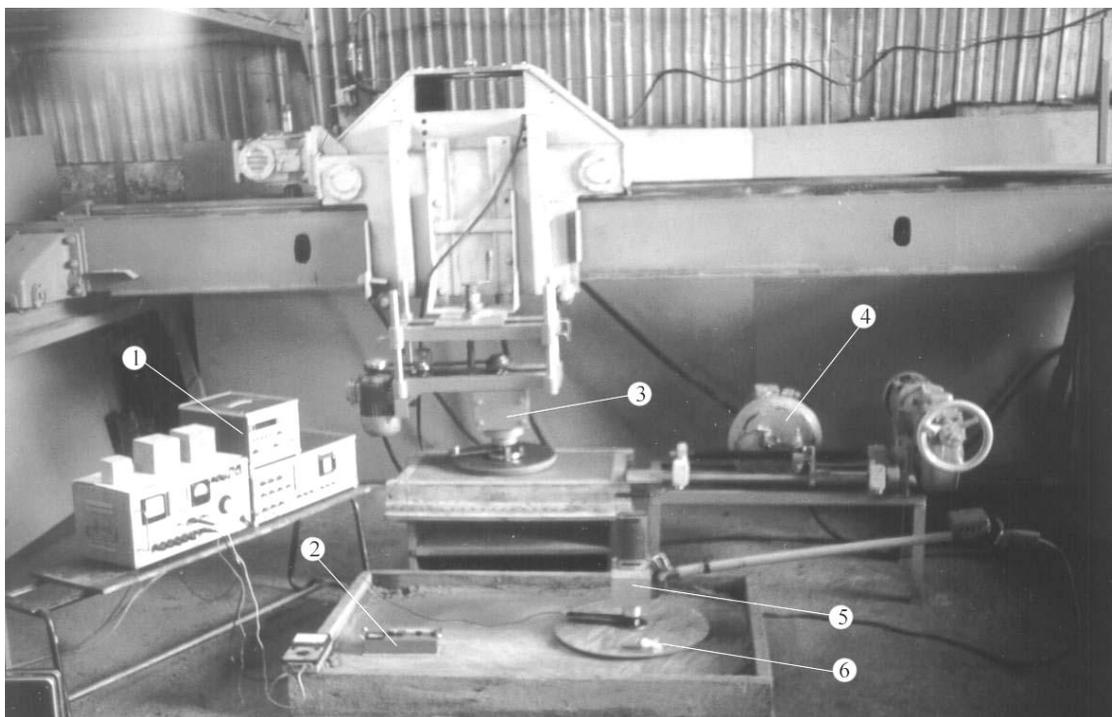


Рис. 1. Экспериментальный стенд вибрационной дисковой заглаживающей машины  
 1 – приборы для измерения виброперемещения и частоты колебаний; 2-прибор ИШБ – 8А; 3 – ВДРО с крутильными колебаниями; 5 – ВДРО с вертикальными колебаниями; 6 – тахометр.

Таблица № 4.1

Техническая характеристика измерителя шероховатости поверхности бетона типа ИШБ

Тип прибора	Измеряемые величины	Погрешность измерения, %	Пределы измерения, мм	Число игл, шт.	Габаритные размеры, мм	Масса прибора
ИШБ-8А	Классы СНИП	18,3	0,05-7	26	225 × 90 × 70	1,7

Величина виброперемещения заглаживающего диска фиксировалась прибором 1 (рис. 4.1) для измерения и анализа вибрации. Характеристика прибора для измерения виброперемещения приведена в табл.№ 4.2.

Таблица № 4.2

Техническая характеристика прибора для измерения виброперемещения, виброскорости, виброускорения

Тип	И П	Частотный диапазон, Гц	Динамический диапазон, мкм	Погрешность, %	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Robotron 00033	Пьезоэлектрический	0-2000	<1000	<100000 Еод	210 × 160 × 160	16

Примечание. Еод – единица относительной деформации

Частота вращения заглаживающего диска измерялась тахометром типа HASLER (рис.4.2), техническая характеристика дана в табл. № 4.3.

Подвижный шарнир, изображенный на рис.4.2, позволяет удобное манипулирование машиной и исключает передачу вертикальных вибраций на руку оператора. На рис.4.3 представлен пульт оператора.

Таблица № 4.3

Техническая характеристика тахометра

Тип	ИП	Частотный диапазон, об/мин	Погрешность, %	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
HASLER	-	1-30000	-	110×84×24	0,2-0,3

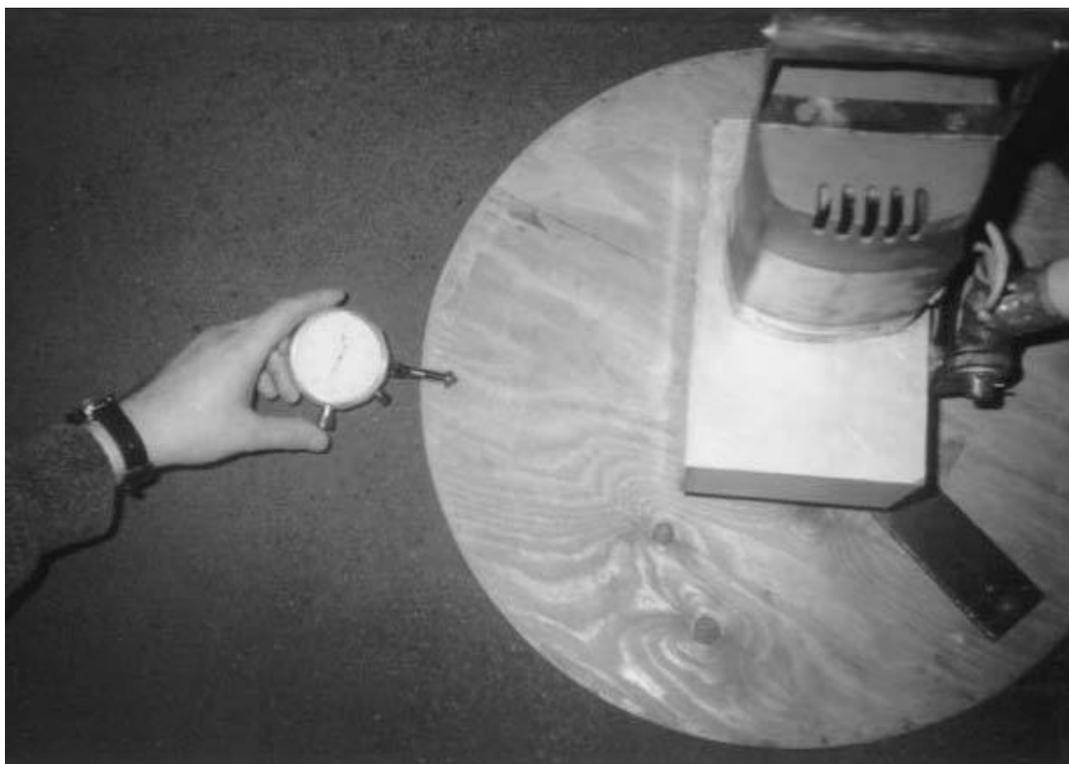


Рис. 4.2. Тахометр для определения частоты вращения заглаживающего диска

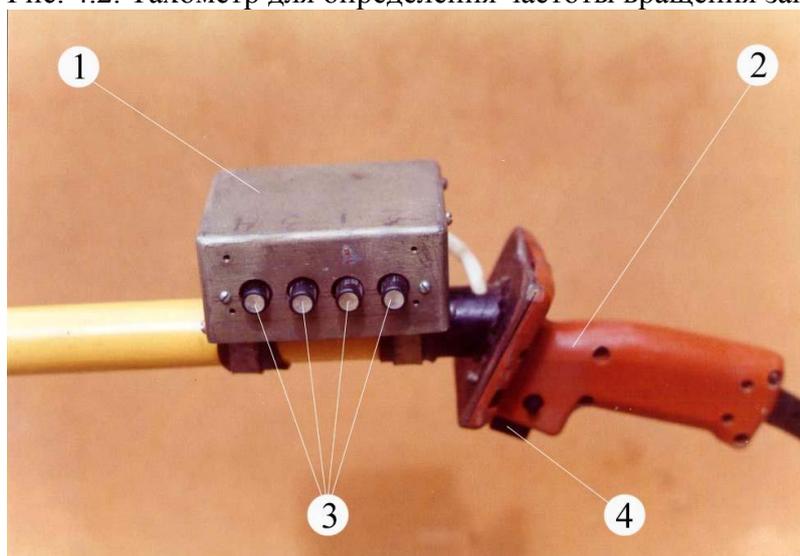


Рис. 4.3. Пульт управления экспериментальным стендом

#### Форма отчетности

Отчеты должен содержать:

1. Цель работы.
2. Задание.

3. Принципиальная схема работы лабораторной установки.
4. Поэтапное выполнение задания.
5. Заключение.

#### 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>
2. 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>

#### Дополнительная литература

1. Волков, Д. П. Строительные машины : учебное пособие / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2002. - 376 с.
2. 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.
3. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие/В.П. Сергеев - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.
4. Строительные машины. В 2 т. Т.1-2: Справочник/ Под ред. В.А. Баумана.-Москва: Машиностроение, 1976-1977. Т.2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий.-2-е изд., перераб. и доп. -1977.-496 с.

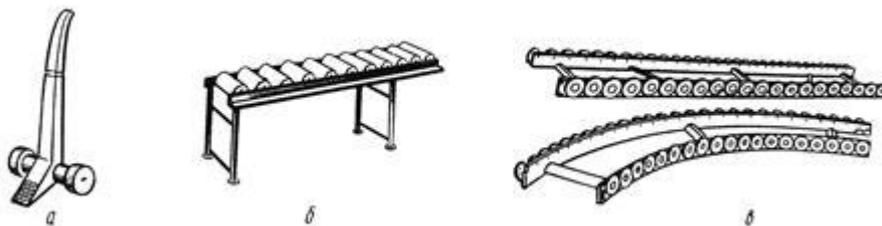
#### **Практическое занятие №5.**

**Тема:** Изучение конструкции машин и механизмов малой механизации.

**Цель работы:** Изучить конструкцию и рассчитать основные параметры дисковых вибрационных заглаживающих машин.

Средства малой механизации предназначены для облегчения ПРР, выполняемых вручную, в пунктах с небольшим грузооборотом. К ним относятся:

- роликовые ломы, цепи, тележки и дорожки;
- домкраты;
- вилочные тележки и погрузчики с ручным приводом;
- ручные тали;
- ступеньки и передвижные горки для поперечного наклона бортовых автомобилей.



*Роликовые ломы (а)* используют на площадках с твердым и ровным покрытием для горизонтального перемещения тяжеловесных грузов на несколько метров. Роликовый лом на изогнутом конце с насечкой имеет ось с двумя роликами на подшипниках качения. Три грузчика с роликовыми ломом могут перемещать груз массой до 2 т.

*Роликовые тележки и цепи* предназначены для горизонтального перемещения тяжеловесных грузов, но могут быть использованы и для выполнения погрузо-разгрузочных операций.

*Роликовые дорожки (рольганги) (б)* представляют собой устройства в виде рамы, на которой на неподвижных осях установлены ролики, вращающиеся под действием веса груза. Роликовые дорожки предназначены для горизонтального (или с небольшим уклоном) перемещения штучных грузов, имеющих плоскую опорную поверхность, а также других грузов, уложенных на специальные площадки или поддоны. Для изменения направления перемещения груза отдельные секции дорожек могут быть криволинейными.

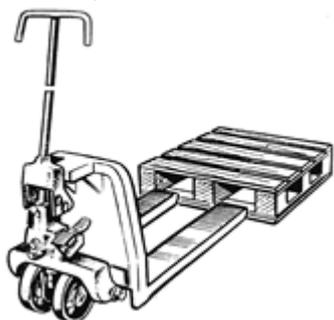
Применяют также роликовые дорожки, у которых вместо роликов устанавливаются узкие катки, укрепленные на двух продольных балках (в). Они имеют меньшую массу, более удобны при монтаже, могут доставляться на автомобилях вместе с грузом и использоваться в любых пунктах по мере необходимости.

*Домкраты* используют для подъема тяжеловесных грузов на небольшую высоту при установке этих грузов на катки, тележки или роликовые цепи. Они бывают реечными, винтовыми и гидравлическими.

*Лотки* предназначены для спуска по наклонной плоскости, а также для погрузки на автомобиль грузов в ящиках, тюках и кипах, находящихся на втором и третьем этажах складов. Часто их изготавливают из досок и для уменьшения трения обивают кровельным железом. Груз по лотку перемещается под действием собственного веса.

*Ручные тележки*, как правило, двухколесные, применяют для погрузки-разгрузки и перемещения на небольшой площади штучных грузов.

Для погрузки-разгрузки на автомобили и перемещения в пределах склада штучных грузов, уложенных в пакеты на поддоны, используют *ручные вилочные тележки (транспаллетты)*.



Транспаллетта состоит из рамы с подъемными вилами, на концах которых смонтированы ролики, гидронасоса с ручным приводом и двух передних поворотных колес. При помощи системы рычагов ролики соединены с подъемным устройством.

Перед подъемом груза вилки тележки устанавливают под поддон, после чего несколькими качаниями дышла приводят в действие насос, и подъемник поднимает вилы вместе с грузом на высоту 100 – 125 мм. В поднятом положении пакет груза транспортируют в пределах склада, доставляют в кузов автомобиля или разгружают из кузова, если уровень грузовой площадки склада совпадает с уровнем пола кузова автомобиля. Для опускания груза нажимают на установочный клапан гидроподъемника.

*Ручные вилочные погрузчики* предназначены для погрузки и разгрузки преимущественно пакетированных штучных грузов. В отличие от авто- и электропогрузчиков ручные погрузчики не имеют собственного механизма передвижения; привод гидронасоса осуществляется вручную.



*Ручные тали* представляют собой простейшие подъемные устройства из нескольких подвижных и неподвижных блоков, огибаемых цепью. Редуцирующим звеном в таях являются обычно червячная или зубчатая передача, а также канатный или цепной полиспаст.

Тали подвешивают к козлам, балкам и т.д. Для горизонтального перемещения груза таль может быть подвешена к тележке, передвигающейся вручную по монорельсу.



Ручные лебедки используют для работы с тяжелыми грузами. При вертикальном подъеме или опускании груза канат перебрасывают через подвесной блок. Используются ручные лебедки также для подтаскивания груза по специальным трапам.



Консольные ручные краны используют для выполнения ПРР со штучными и тяжеловесными грузами, а также и контейнерами в пунктах с небольшим объемом работ.

Кран состоит из горизонтально расположенной и шарнирно закрепленной на стене или колонне двутавровой балки (консоли) с поддерживающей ее тягой и грузоподъемного приспособления в виде ручной тали с тележкой или лебедки.

Для выгрузки навалочных сыпучих грузов из бортовых автомобилей применяют *передвижные горки и ступеньки*, обеспечивающие при наезде на них наклон автомобилей на угол до  $30^\circ$ .

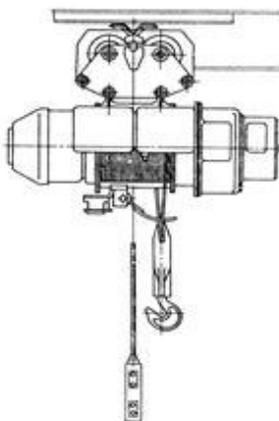
При перевозках навалочных, обычно сельскохозяйственных грузов, могут быть использованы *разгрузочные щиты и сетки*, перевозимые на автомобилях.



Перед погрузкой груза щит устанавливают вплотную к переднему борту, а сетку расстилают по всей площади платформы и закрепляют со стороны заднего борта. К свободным концам сетки или щиту крепятся канаты, которые в местах выгрузки груза привязывают к надежным упорам. При движении автомобиля вперед находящийся в кузове груз сбрасывается щитом или сеткой.

#### **Погрузо-разгрузочные механизмы и устройства с двигателем**

ПРМ и устройства с двигателем позволяют интенсифицировать ПРР по сравнению с устройствами с ручным приводом. К таким устройствам относятся электрические тали (тельферы), электрические лебедки, механические лопаты и т.д. Они работают, как правило, от электродвигателя небольшой мощности, питаемого от сети.



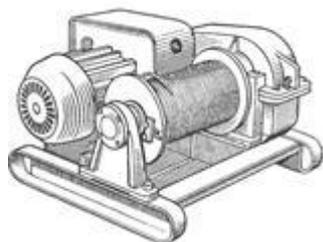
Тельферы используют для вертикального подъема, опускания, а также горизонтального перемещения грузов. Они могут применяться как самостоятель-

ные грузоподъемные механизмы, так и в качестве исполнительных механизмов некоторых видов кранов (мостовых, козловых и др.).

Тельфер, в отличие от тали, имеет приводное устройство в виде электродвигателя с редуктором и барабаном, которые подвешиваются к тележке, перемещаемой вручную или с помощью собственного привода по монорельсу.

Управление тельфером дистанционное, с помощью кнопочного пускателя. Для ограничения высоты подъема крюка и пути передвижения тележки по монорельсу предусмотрены конечные выключатели.

*Пневматические тали* предназначены для использования в пожароопасных помещениях. Они обеспечивают подъем груза на крюке за счет хода поршня пневматического цилиндра.



*Электрические лебедки*, как и тельферы, могут применяться в качестве самостоятельных грузоподъемных механизмов, однако наибольшее распространение они получили в составе различных ПРМ и устройств (краны, механические лопаты и др.).

Электрическая лебедка состоит из барабана, электродвигателя с редуктором, тормозного устройства и механизма управления.

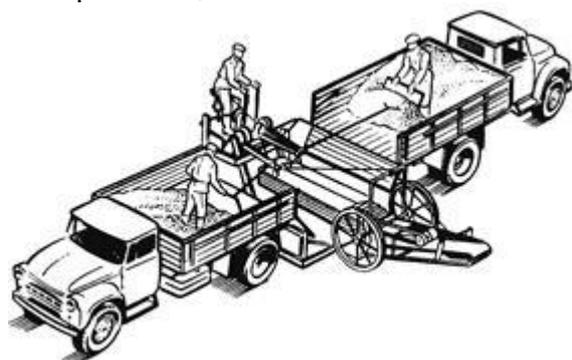
*Кран-укосина* представляет собой подъемный механизм, состоящий из электрической лебедки, консольной фермы-стрелы (выполненной в виде укосины) и блоков для тягового каната. Укосина шарнирно крепится к специальной колонне или стене здания. Поворот укосины производится вручную.

В качестве грузоподъемного устройства, помимо лебедок, у кранов-укосин могут применяться ручные и электрические тали.

*Механические лопаты* применяют для выгрузки сыпучих грузов (например, зерна из бортовых автомобилей, железнодорожных вагонов и других транспортных средств).

Основными узлами механических лопат являются:

- электрическая лебедка с одним или двумя барабанами;
- скребки (один или два), прикрепляемые к свободному концу тягового троса;
- направляющие блоки.



Управление механической лопатой осуществляет рабочий, находящийся у скребка, или отдельный оператор.

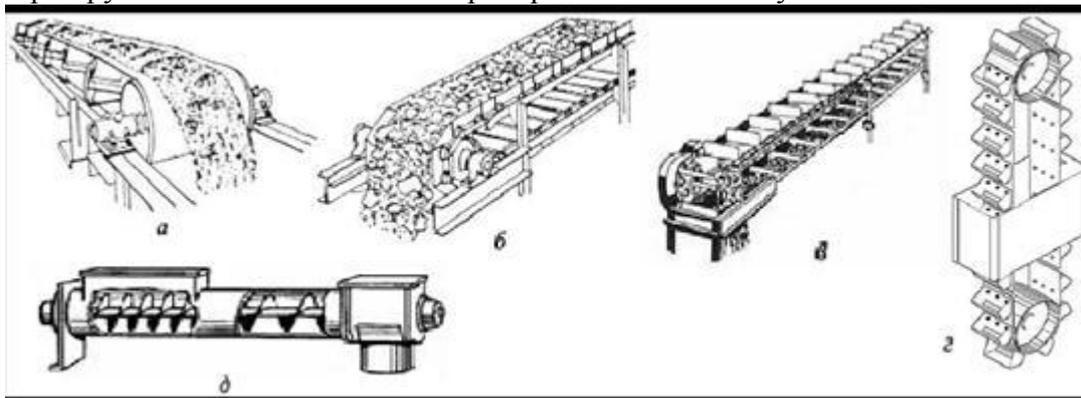
Наиболее производительными являются сдвоенные механические лопаты, обеспечивающие разгрузку одновременно двух автомобилей.

Механические лопаты могут устанавливаться стационарно или на тележках. Работают они, как правило, в комплексе с ленточными конвейерами.

*Конвейеры* предназначены для перемещения сыпучих, кусковых и легких штучных грузов в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях.

Их используют в основном как средства внутрицехового и внутризаводского транспорта, а также в качестве основных элементов ПРМ и установок (в зернопогрузчиках, бурто-

укладчиках, бункерных установках и др.). Как самостоятельные механизмы для погрузки и разгрузки автомобилей конвейеры применения не получили.



По конструкции грузонесущего органа конвейеры разделяются на следующие типы:

- ленточные (а), с РО в виде бесконечной гибкой ленты;
- пластинчатые (б), с РО в виде пластин, прикрепленных к бесконечной цепи;
- скребковые (в), с РО в виде скребков, прикрепленных вертикально к бесконечной цепи;
- ковшовые, с РО в виде ковшей, прикрепленных к бесконечной цепи. Ковшовые конвейеры для вертикального подъема груза называют *нориями* (г);
- винтовые, с РО в виде специальных винтовых устройств. Винтовой конвейер, работающий в желобе или кожухе, называется *шнеком* (д).

Из всех типов конвейеров в качестве самостоятельных ПРС могут быть использованы в основном ленточные и пластинчатые конвейеры.

Конвейеры бывают стационарные и передвижные.

Многие передвижные конвейеры оборудуются устройствами для регулирования высоты подачи груза, а значит, и угла наклона. При этом предельный угол наклона зависит от вида и состояния (сухой, влажный) груза. Для увеличения угла наклона применяются специальные ленты с поперечными выступами или рейками.

Для увеличения длины применяют телескопические ленточные конвейеры. Они также могут быть и стационарными, и передвижными. Такие конвейеры используются на почтовых предприятиях, торговых базах и магазинах для погрузки тарно-штучных грузов

#### Форма отчетности

Отчеты должен содержать:

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

#### 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>

2. 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>

#### Дополнительная литература

1. Волков, Д. П. Строительные машины : учебное пособие / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2002. - 376 с.

2. 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.

3. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие/В.П. Сергеев - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.

### Практическое занятие №6.

Тема: Подбор оборудования технологических линий ЖБИ.

Цель работы: Изучить оборудование технологических линий ЖБИ, осуществить подбор оборудования для заданной технологической линии ЖБИ.

Для производства железобетонных изделий и конструкций в настоящее время широко применяют поточно-агрегатные, конвейерные, полуконвейерные, кассетные и стендовые технологические линии, ориентированные на выпуск панелей покрытий и перекрытий, наружных и внутренних стеновых панелей, лестничных маршей и площадок, перегородок, ригелей, колонн, балок, ферм, труб, объемных элементов, доборных и других изделий.

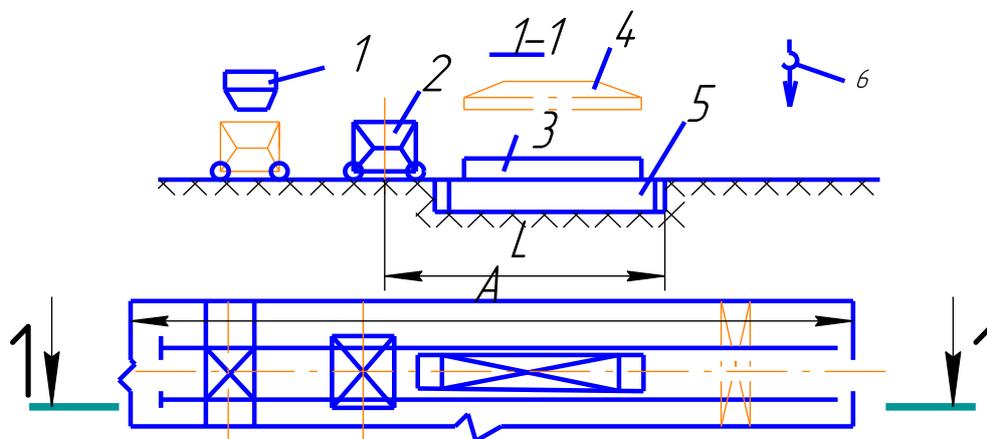
Количество и тип технологических линий назначают в зависимости от заданной номенклатуры изделий и мощности (производительности). Для большинства изделий учитывают вид и марку бетона, форму изделий и характер сечения, геометрические размеры и допустимые отклонения от них, массу изделий, чистоту поверхности, вид армирования, насыщенность арматурой и закладными деталями.

После выбора номенклатуры изделий определяют возможные способы производства, варианты технологических линий и технико-экономические показатели. На основе полученных данных окончательно выбирают технологическую линию и определяют годовую производительность.

Поточно-агрегатное производство.

Поточно-агрегатный способ производства (рис. 1-3) заключается в том, что технологические операции последовательно осуществляются на отдельных рабочих постах. Часть операций обычно выполняют одно-временно, например, операции распалубки изделий, осмотра и подготовят форм совмещают с формованием изделий. Формование производится на виброплощадках в одиночных и групповых формах; на виброплощадках в одиночных формах с пустотообразователями без виброметаниямов; на формовочных установках с использованием пустотообразователей, оснащенных вибромеханизмами; на роликовых и ременных центрифугах; в разъемных и неразъемных формах; на специальном оборудовании для виброгидропрессования; на ударных столах в металлических формах; на агрегатах вибрационного действия при помощи вакуумирования и т.д.

В состав технологической линии входят: формовочный агрегат с бетоноукладчиком, установки для заготовки и электрического нагрева или натяжения арматуре, формоукладчик, камеры твердения, участки распалубки, остывания изделий, их отделки и технического кон-



троля; пост чистки и смазки форм; площадки под запасе арматуры закладных

Рис. 1. Поточно-агрегатная линия для формования железобетонных изделий:

1 - бункер раздаточный; 2 - бетоноукладчик; 3 - форма; 4 - виброщит; 5 - виброплощадка; 6 - кран мостовой

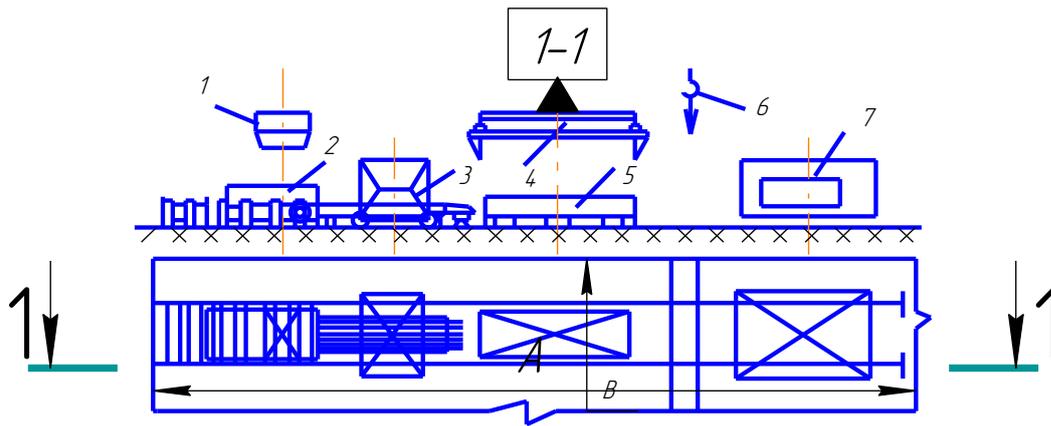


Рис.2. Поточно-агрегатная технологическая линия формирования многопустотных изделий:

1-бункер раздаточный; 2 - формовочные машины 3- бетоноукладчик; 4 - автоматический захват;

5 – поддон; 6 - кран мостовой; 7 - самоходный портал

Деталей, утеплителя, складирование форм, их оснастки и текущего Ремонта; стенд для испытания готовых изделий (рис. 1-3)

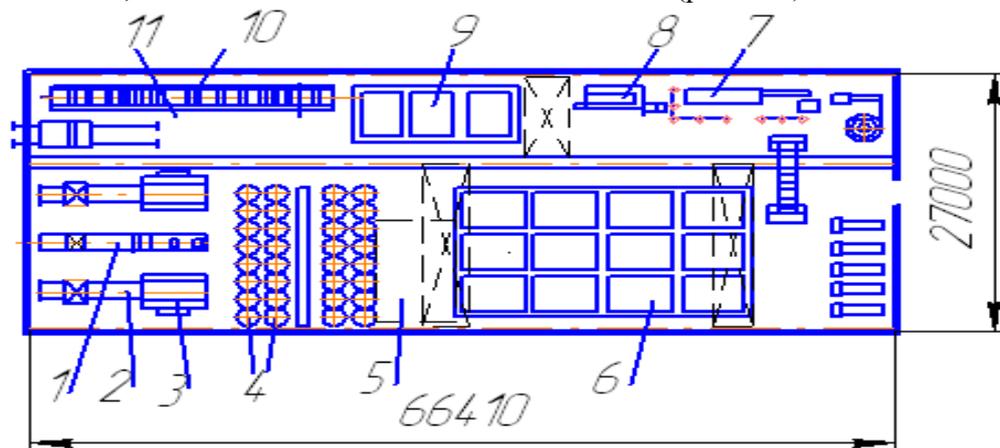


Рис. 3. Цех напорных центрифугируемых труб:

1-лотковый питатель; 2- ленточный питатель; 3- центрифуга;

4- посты теплового обработки; 5- пост тепловой распалубки труб; 6- водные бассейны; 7- арматурно-навивочная машина; 8- станок для нанесения

защитного слоя; 9- камера тепловой обработки; 10- установка для гидравлического испытания

труб; 11 – пост складирования труб.

Количество формовочных установок или агрегатов  $Z_y$  (шт) определяется по формуле:

$$Z_y = \frac{ПГ \cdot T_\phi}{60 \cdot V_n \cdot Z_n \cdot T_\Gamma}$$

где ПГ – годовая расчетная производительность, м<sup>3</sup>/год, принимается из задания;

$T_\phi$  – продолжительность цикла формования изделий, мин, принимается из табл. 2;

$V_n$  – объём изделий, м<sup>3</sup>, определяется расчетом или из справочной литературы;

$Z_n$  – количество одновременно формующих изделий, шт., задаётся из условий рациональной технологии производства;

$T_\Gamma$  – расчетный годовой фонд времени работы установки или агрегата ч, определяется расчетом или из справочной литературы.

Таблица 2 - Продолжительность ритма работы поточно-агрегатных и конвейерных линий

Формуемые изделия	Продолжительность цикла (мин) при объеме бетона,		
	до 1,5	1.5-3.5	3,5-5
Однослойные изделия несложной конфигурации	10/8	16/12	25/23
Однослойные изделия сложной формы, несколько изделий в одной форме	13/10	22/20	36/30
Многослойные или офактуренные изделия	25/18	32/24	40/30

Примечание. В числителе приведены значения продолжительности цикла для поточно-агрегатной линии, в знаменателе - для конвейерных линий. Если известны размеры технологической линии и компоновка оборудования, фактическая продолжительность цикла формирования изделий

Тф (мин) рассчитывается по формуле

$$T_{\phi} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = t_1 \frac{l}{v} + \frac{l_1}{v_1} \cdot n_{np} + t_4 + t_5$$

где  $t_1$  - продолжительность установки и снятия формы с виброплощадки, мин  $t_1 = 1 - 2$ ;

$t_2$  - продолжительность холостого хода бетоноукладчика, мин,  $t_2 = 3 - 10$ ;

$t_3$  - продолжительность рабочего хода бетоноукладчика, мин  $t_3 = 3 - 15$ ;

$t_4$  - продолжительность уплотнения смеси, мин,  $t_4 = 2 - 10$ ;

$t_5$  - продолжительность дополнительных неучтенных рабочих операций, мин,  $t_5 = 1 - 3$

$l$  - длина холостого хода бетоноукладчика, берется из чертежа

$v$  - скорость холостого хода бетоноукладчика, берется из технического паспорта;

$l_1$  - длина формуемого изделия, берется из задания;

$v_1$  - скорость рабочего хода бетоноукладчика, берется из технического паспорта;

$n_{np}$  - число проходов бетоноукладчика для полного заполнения

Формы смесью,  $n_{np} = 2 - 3$ .

Далее рассчитанное по формуле (8.4) фактическое значение продолжительности цикла формирования изделия следует сопоставить со значением продолжительности цикла, принятым при предварительных расчетах на основании норм проектирования.

Расчетный годовой фонд времени работы установок  $T_r$  (ч) определяется, по формуле

$$T_r = D_p \cdot Z_{CM} \cdot t_{CM} \cdot K_B$$

где  $D_p$  - расчетное число рабочих суток (дней) в году,

$D_p = 253 - 255$  (305);

$Z_{CM}$  - количество рабочих смен в сутки,  $Z_{CM} = 2, 3$ ;

$t_{CM}$  - число часов в смену,  $t_{CM} = 8, 2$  (6,83);

$K_B$  - коэффициент использования оборудования по времени,

$K_B = 0,9 - 0,85$ .

$Z_{\phi}$  - Количество форм  $Z_{\phi}$  (шт) определяется по формуле

$$Z_{\phi} = 1,05 \frac{60}{24} \cdot \frac{t_c t_{оф} Z_y}{T_{\phi}} = 1,05 \cdot 2,5 \frac{t_c t_{оф} Z_y}{T_{\phi}}$$

где 1,05 - коэффициент запаса-(учитывающий ремонт форм);

$t_c$  - количества рабочих часов в сутки, ч,  $t_c = Z_{CM} * t_{CM} t_{оф}$  - среднее время одного оборота формы, ч, определяется расчетом;

$Z_u$  - количество формовочных установок (линий), шт;

$T_{\Phi}$  - продолжительность Цикла формования изделий, мин, Среднее время одного

оборота формы 2 (ч), определяется  $+ \frac{t_{\Phi}}{60}$  из выражения  $t_{оф} = t_{ок} + \frac{T_{\Phi}}{60}$

где  $t_{ок}$  - среднее время оборота тепловой камеры, ч, определяется по графикам из справочной литературы,  $t_{ок} = 15 - 22$ ;

$t_{\Phi}$  - продолжительность операций, не вошедших в цикл формования (распалубки, чистки, смазки, установки арматуры и других неучтенных работ), мин,  $t_{\Phi} = 9 - 15$ . Среднее время оборота тепловой камеры зависит от цикла загрузки камеры (60 - 140 мин), продолжительности выдержки и термовлажностной обработки изделий (9 - 13 ч), количества форм в камере, продолжительности рабочих суток и т.п.

Коэффициент оборачиваемости форм в сутки  $K_{оф}$  вычисляется по формуле

$$K_{оф} = 24 / t_{оф}$$

Масса форм  $m_{\Phi}$  приблизительно определяется из выражения

$$m_{\Phi} = (0,8 - 1,2) m_n,$$

где  $m_n$  - масса веса изделия.

Пользуясь техническими характеристиками оборудования, далее подбираются типы машин, соответствующие расчетному формовочному посту или линии [1,3,4, 15-19 3]

Для укладки бетонной смеси в формы применяют самоходные бункера, бетонораздатчики и бетоноукладчики.

При выборе бетоноукладчиков необходимо, чтобы полезный объем бункера при периодическом заполнении составлял не менее 1,1-1,2 объема формируемого изделия, а при непрерывном формования - не менее  $1 \text{ м}^3$ .

Бетоноукладчик СМЖ-162 входит в комплект оборудования поточно-агрегатных линий по изготовлению конструкций для промышленных зданий. Бетоноукладчик имеет вибронасадок для укладки, распределения и уплотнения смеси.

Бетоноукладчик СМК-3507 предназначен для специализированных линий по производству плитных конструкций.

Универсальный бетоноукладчик СМЖ-166А предназначен для линий формования плитных изделий с проемами и отверстиями, а также линейных изделий.

Бетоноукладчик СМЖ-69А используется на постах формования многопустотных панелей перекрытий и других плитных изделий шириной до 2 м.

### Форма отчетности

Отчеты должен содержать:

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

### 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>
2. 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>

### Дополнительная литература

1. Волков, Д. П. Строительные машины : учебное пособие / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2002. - 376 с.

2. 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.

3. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие/В.П. Сергеев - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.

4. Строительные машины. В 2 т. Т.1-2: Справочник/ Под ред. В.А. Баумана.-Москва: Машиностроение, 1976-1977. Т.2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий.-2-е изд., перераб. и доп. -1977.-496 с.

## **Практическое занятие №7.**

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 %.

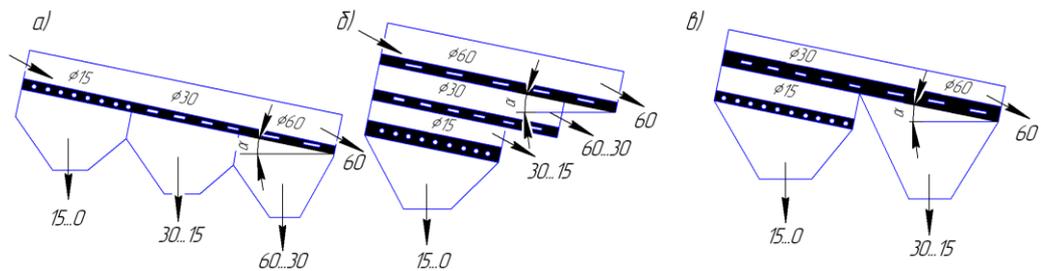


Рис. 1 - Схемы расположения сит на грохотах:

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  $5...7^\circ$ , 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<sup>-1</sup>. При большей частоте грохочение прекращается. Производительность их  $10...45$  м<sup>3</sup>/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  $15...25^\circ$  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 корпуса материал на его просеивающей поверхности получает круговые колебания с постоянной амплитудой, равной двойному эксцентриситету вала, при любой нагрузке. Эксцентриковые грохоты изготовляют с двумя ситами размером  $1500 \times 3750$  мм и амплитудой колебаний  $3...4,5$  мм и частотой колебаний  $800...1400$  в минуту.

**Инерционные виброгрохоты** делятся на инерционные наклонные (угол наклона сит  $10...25^\circ$ ) и инерционные горизонтальные.

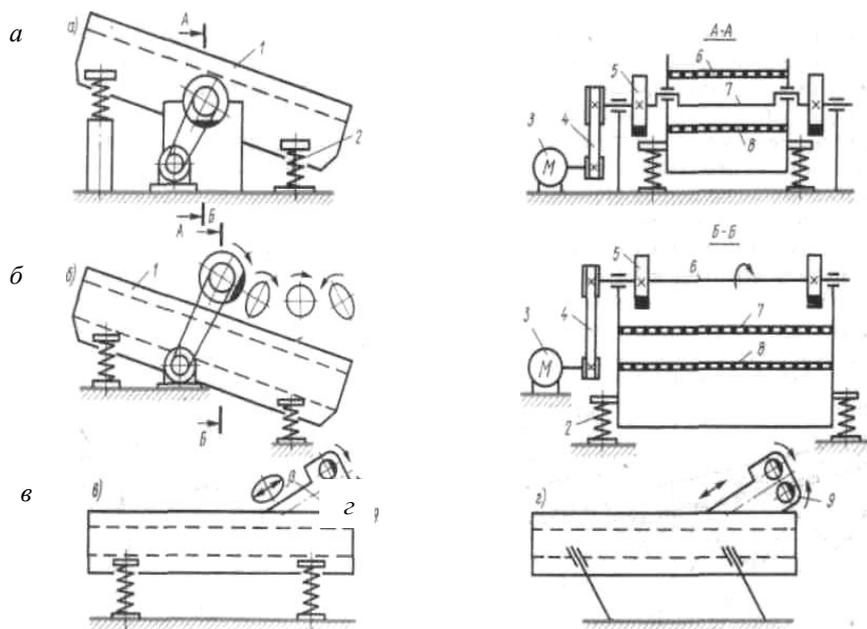


Рис. 2 - Схемы плоских грохотов:

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

Инерционный наклонный виброгрохот (рис. 2, б) имеет приводной механизм, представляющий собой вал 6 с дебалансами 5, опертый на два подшипника, корпуса которых укреплены в стенках короба 1. Короб с ситами 7 и 8 опирается на основание через упругие связи 2.

Форма колебаний зависит от расположения неуравновешенных масс и способа подвески короба. 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 короба 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<sup>-1</sup>, амплитуда колебаний 3,7...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...45°. Короб с ситами опирается на основание через вертикальные пружины. Размеры просеивающей поверхности сит таких грохотов 1250×3000 мм, частота колебаний 500...700 в минуту, амплитуда колебаний 8...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, м<sup>3</sup>/ч, при промежуточном и окончательном грохочении

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

где  $q$  – удельная производительность 1 м<sup>2</sup> сита для определенного размера отверстий (для отверстий от 5 до 70 мм изменяется от 12 до 82 м<sup>3</sup>/ч);  $A$  – площадь сита, м<sup>2</sup>;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий угол наклона грохота (для горизонтальных грохотов с направленными колебаниями  $k_1 = 1,0$ ; для наклонных при угле наклона 9...15° – 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);  $\vartheta = 0,05...0,25$  м/с – скорость движения материала вдоль желоба;  $k_p = 0,4...0,5$  – коэффициент разрыхления материала.

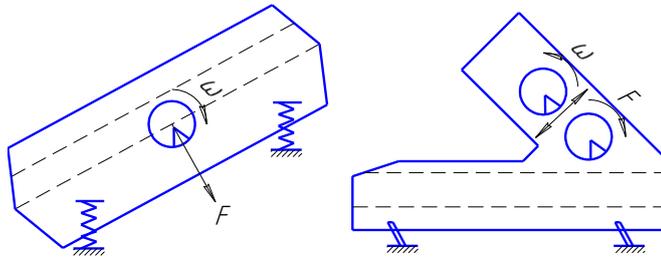


Рис. 3 - Схема вибрационного грохота

Для расчета параметров вибрационного грохота необходимо определить:

– ширину поверхности качения, м,

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

где  $Q$  – производительность, м<sup>3</sup>/ч;  $q = 12 \dots 82$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч) – удельная производительность грохота;

– длину поверхности грохочения, м,

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

– размер отверстий, м,

$$l = pl_{\text{тр}}, \quad (5)$$

где  $p$  – коэффициент, учитывающий форму отверстий (для прямоугольных  $p = 0,8 \dots 0,1$ , для круглых  $p = 1,15 \dots 1,25$ );  $l_{\text{тр}}$  – граница разделения фракций (размер отверстий), м (для наклонных сит  $l_{\text{тр}}$  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  $a = 0,00052 \cdot S \cdot \cos \alpha$  м;

горизонтальный грохот  $a = 0,0004 + 0,14l$  м;

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

– 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  $\omega = (7 \dots 10)\omega_0$ , рад/с.

– мощность двигателя, кВт,

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

где  $\mu$  – 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);  $\eta$  – КПД привода ( $\eta = 0,8 \dots 0,9$ );  $a$  – амплитуда виброперемещений.

#### Форма отчетности

Отчеты должен содержать:

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

#### 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>
2. 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>

#### Дополнительная литература

1. Волков, Д. П. Строительные машины : учебное пособие / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2002. - 376 с.
2. 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.
3. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие/В.П. Сергеев - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.
4. Строительные машины. В 2 т. Т.1-2: Справочник/ Под ред. В.А. Баумана.-Москва: Машиностроение, 1976-1977. Т.2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий.-2-е изд., перераб. и доп. -1977.-496 с.

#### 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 №8.

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  $\alpha_{\max}$ ), 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  $m_9$  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 додробливанию. 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 :  $m_{11}$  (от 0 – 10мм);  $m_{12}$  (10 – 20мм);  $m_{13}$  (20 – 40мм);  $m_{14}$  (40 – 70мм).

Таблица 1

### Исходные данные для заданий

№ задания	Производительность П, м <sup>3</sup> /ч	Дробный материал			Наибольший размер щебня $d$ , мм	Примечание
		Наименование	Предел прочности на сжатие $\sigma_c$ , 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*

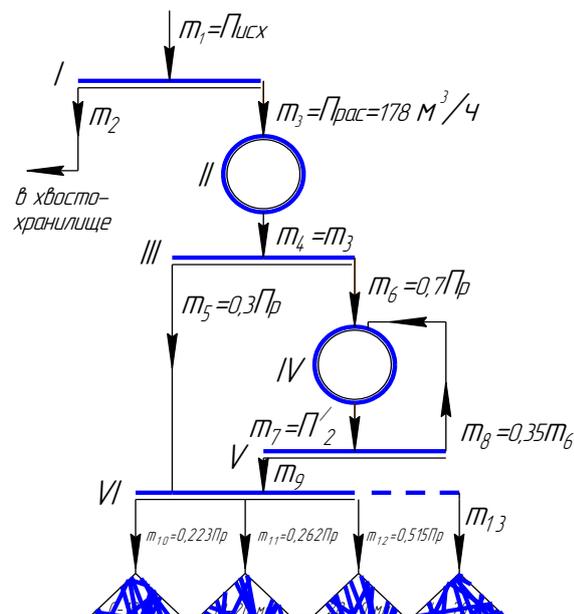


Рис. 1

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  $i_{общ}$ , в первом приближении, рассчитывается по формуле:

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

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  $i_{\text{общ}}$  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

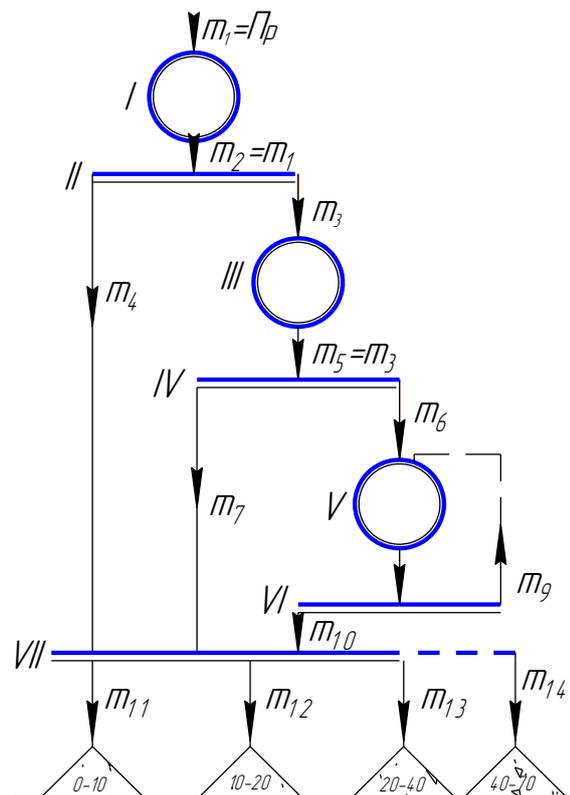


Рис. 2

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 производитель-

ности. Принимаемая дробилка должна иметь производительность несколько большую, чем расчетная производительность предприятия  $P_p$  ( $m^3 \setminus ч$ )

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

где  $P_{зад}$  - заданная производительность,  $m^3/ч$ ;

$K_n$  - коэффициент неравномерности подачи горной массы ( $K_n \approx 1,1 - 1,15$ );

$K_u$  - коэффициент использования оборудования по времени ( $K_u \approx 0,8 - 0,85$ ).

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	$m^3/ч$		
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  $P_{расч}$ , 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  $d_{св}$  в зависимости от устанавливаемого размера выходной щели  $l_1$  по графику. Затем, по графику, используя ближайшую кривую  $d_{св}$ , 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;

$\varphi$  - 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,  $\varphi$  определяется точкой пересечения соответствующей кривой средневзвешенного размера щебня с осью абсцисс.

Потребная производительность дробилок 2-й стадии  $\Pi_2$  равна той доле материала, выходящего из дробилки 1-й стадии, крупность которого превышает максимальный размер щебня по заданию.

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

$$\Pi_2 = 0,7 \cdot \Pi_{расч}, \quad (4)$$

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  $\varphi_2$  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 гранулосоставе 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  $F_p$  ( $\text{м}^2$ ), исходя из формулы его производительности,

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

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

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

$q$  - производительность 1  $\text{м}^2$  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  $P_p = 178 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

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  $K_1 = 0,77$  (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  $K_2 = 0,96$ .

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.

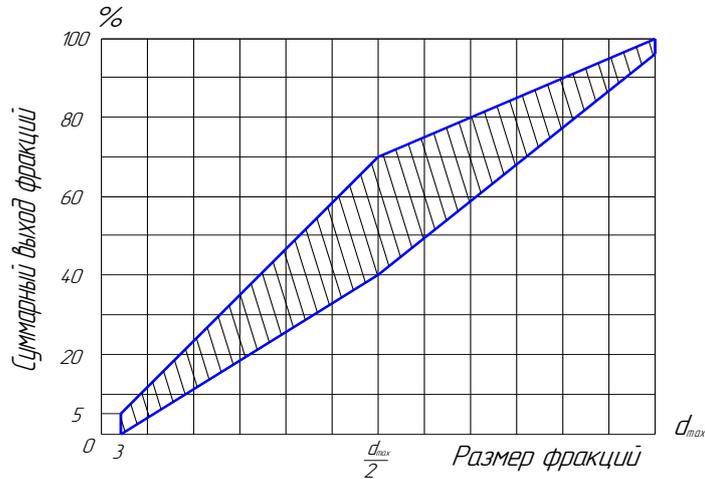


Рис. 8. Предельные соотношения фракций щебня

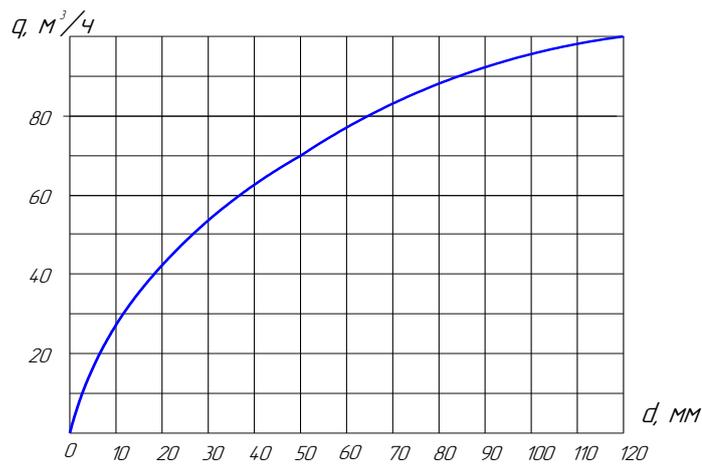


Рис. 9. Производительность сит грохотов в зависимости от размера ячеек

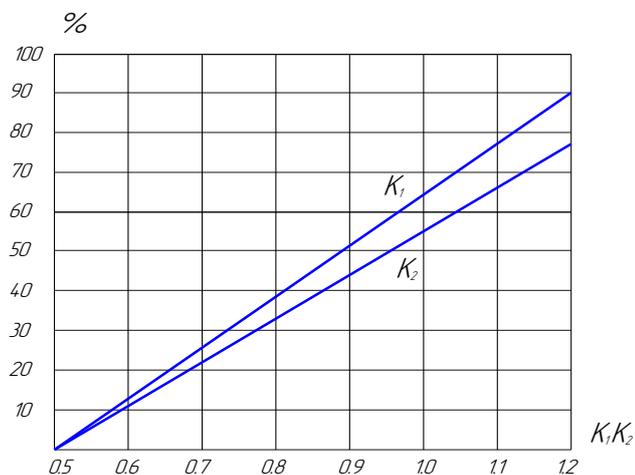


Рис. 10. График для определения коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$

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  $y$ , установленный после вторичной дробилки. Нагрузкой на него является грузопоток  $m_7$ , равный потоку материала, проходящему через вторичную дробилку  $\Pi'_2$ . Для определения коэффициента  $K_1$  и  $K_2$  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 имеется 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.

$$\Pi_{20} = \Pi_{\text{расч}} = 178 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

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

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

Производительность 1  $\text{м}^2$  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 гранулометрическом 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*

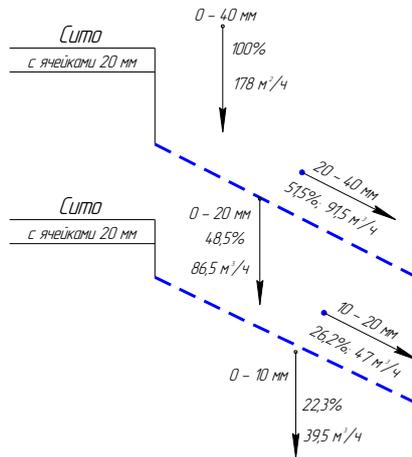
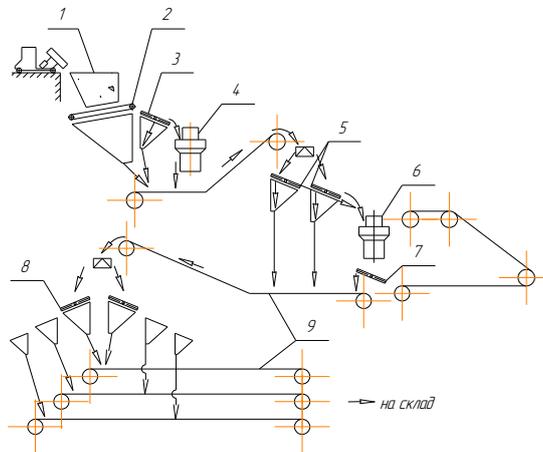


Рис. 11

*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. 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>

2. 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>

#### Форма отчетности

Отчеты должен содержать:

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

#### Дополнительная литература

1. Волков, Д. П. Строительные машины : учебное пособие / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2002. - 376 с.

2. 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.

3. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие/В.П. Сергеев - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.

4. Строительные машины. В 2 т. Т.1-2: Справочник/ Под ред. В.А. Баумана.-Москва: Машиностроение, 1976-1977. Т.2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий.-2-е изд., перераб. и доп. -1977.-496 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Классификация дробильно-сортировочных заводов
2. Комплектация дробильно-сортировочных заводов
3. Принцип подбора оборудования дробильно-сортировочных заводов

### **9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы**

Выполнение обучающимися контрольной работы производится с целью:

- 1) систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;
- 2) углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- 3) формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- 4) формирования умений использовать справочную, нормативную документацию;
- 5) развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

Тематика курсовых работ разрабатывается преподавателем.

Контрольной работа носит практический характер, который состоит из:

- 1) введения, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формулируются цели и задачи работы;
- 3) основной части, которая обычно состоит из двух разделов: в первом разделе содержатся теоретические основы разрабатываемого приложения; вторым разделом является практическая часть, которая представлена расчетами, графиками, таблицами, схемами, формами и т.п.;

4) заключения, в котором содержатся выводы и рекомендации относительно возможностей практического применения материалов работы;

5) списка используемой литературы;

б) приложения.

Во введении (объемом 2-3 страницы) раскрывается актуальность и новизна темы, ее научная и практическая значимость, основные направления исследования, формулируются цели и задачи исследования, указываются предмет и объект исследования, а также характеризуются источники и материалы, использованные в процессе исследования.

Основная часть контрольной работы, как правило, состоит из теоретического и практического разделов. Основная часть должна содержать данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненного исследования:

- выбор направления исследования, включающий обоснование принятого направления исследования, метода решения задач и их сравнительную оценку, разработку общей методики исследования;

- теоретические и (или) экспериментальные исследования, включающие определение характера и содержания теоретических исследований, методов исследований;

- обобщения и оценку результатов исследования, включающие оценку полноты решения поставленной задачи

Основную часть контрольной работы следует делить на разделы. Разделы основной части могут делиться на пункты или на подразделы и пункты. Пункты при необходимости могут делиться на подпункты. Каждый подпункт должен содержать законченную информацию.

Заключение (объемом не менее 2 страниц) должно содержать итоги работы, выводы, полученные в ходе работы, разработку рекомендаций по конкретному использованию результатов контрольной работы. Заключение должно быть кратким, обстоятельным и соответствовать поставленным целям и задачам.

Оформление контрольной работы: объем отчёта должен составлять 10-30 страниц печатного текста. Следует придерживаться следующих параметров оформления отчёта: формат листа отчёта – А4, размеры полей: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу 20 мм. Шрифт Times New Roman, кегль 14. Абзацный отступ – 1,5 см, выравнивание абзаца – по ширине, межстрочный интервал – полуторный. Текст печатается только на одной стороне листа. Страницы должны быть пронумерованы внизу страницы справа. Нумерация страниц – сквозная для всего отчёта, на первом (титальном) листе номер не ставится.

Контрольной работа должна быть правильно оформлена, написана грамотно и аккуратно. Начинать работу нужно с тщательного изучения дисциплины в объеме программы. Далее необходимо подобрать соответствующий литературный и практический материал. В процессе написания можно привлечь дополнительную литературу. Не возбраняется использование переработанных данных электронных ресурсов. Работа должна быть логичной, научной по своему содержанию; в ней в систематизированной форме должны быть изложены материалы проведенного исследования и его результаты.

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

1. ОС Windows 7 Professional.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. Информационно-справочная система «Кодекс».
5. Справочно-правовая система «Консультант Плюс».

## 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>№ ПЗ</i>
1	2	3	4
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)	№ 1- № 6
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- № 6
кр	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	-
СР	Читальный зал №1 (СР)	Учебная мебель, оборудование 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

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

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-8	Владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	<b>1.</b> Оборудование для измельчения, сортировки, дозирования и смешения стройматериалов.	Классификация машин и области их применения. Технические характеристики. Схемы конструкций. Определение и расчет основных конструктивно-технологических параметров и их взаимосвязь с качеством продукции. Методика подбора, компоновки и рационального применения оборудования в технологических линиях предприятий строительной индустрии.	Вопросы к зачету 1-10
ПК-9	Способность вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, способность осуществлять техническое оснащение, размещение и обслуживание технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины, требований охраны труда и экологической безопасности		Особенности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования для измельчения, сортировки, классификации и обогащения строительных материалов. Машины и оборудование для дозирования и смешения исходных компонентов и приготовления строительных сырьевых смесей и суспензий (шламов). Особенности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования. Специальное оборудование для изготовления бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Специальное оборудо-	

			<p>вание для производства отделочных, теплоизоляционных, акустических и гидроизоляционных изделий и конструкций.</p> <p>Принципиальные схемы конструкций. Кинематические схемы привода. Технические характеристики и области рационального применения.</p>	
		<p><b>2. Транспортирующие машины.</b></p>	<p>Классификация подъемно-транспортных машин. Понятие о типоразмерах и рядах машин и оборудования. Грузоподъемные машины. Применение машин и оборудования для технологического транспортирования на предприятиях строительных изделий; понятия о типоразмерах и рядах машин и оборудования. Определения, основные параметры, конструктивные схемы машин и оборудования, циклический и непрерывный характер работы и определение скорости, производительности и энергозатрат; характеристика внешних нагрузок и режимы работы.</p> <p>Транспортные установки непрерывного действия. Транспортные устройства непрерывного действия с гибким тяговым органом. Назначение и классификация. Ленточные, скребковые, цепные и ковшовые конвейеры. Расчет основных параметров ленточных и ковшовых конвейеров. Транспортные устройства непрерывного действия без гибкого тягового органа. Винтовые и роликовые конвейеры. Транспортирующие трубы. Основы расчета транспортных устройств</p>	<p>Вопросы к зачету 11-36</p>

			без гибкого тягового органа.	
		<b>3.Машины для производства бетонных и железобетонных изделий и специальное оборудование</b>	Машины и оборудование для изготовления арматурных изделий. Основные положения. Классификация оборудования. Машины и оборудование для чистки, правки, гибки, резки, упрочнения, натяжения и сварки арматуры и изготовления арматурных каркасов. Принципиальные схемы конструкций. Технические характеристики. Расчет основных конструктивно-технологических параметров машин. Методика выбора и компоновка оборудования в технологических линиях арматурных цехов и заводов. Особенности эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования.	Вопросы к зачету 37-49

## 2. Вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-8	Владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	<p>1. Общие сведения о технологических и физико-механических свойствах бетонов и растворов.</p> <p>2. Технологические требования к бетоно- и растворосмесителям</p> <p>3. Реологические и математические модели строительных смесей.</p> <p>4. Место и значение смесительных машин при производстве смесей.</p> <p>5. Дозировочное оборудование бетоно- и растворосмесительных установок.</p> <p>6. Общие сведения о способах дозирования сухих зерновых, пылевидных и жидких материалов.</p> <p>7. Государственные стандарты на точность дозирования компонентов бетонов и растворов.</p> <p>8. Весовые дозаторы циклического и непрерывного действия для отмеривания сухих и жидких материалов.</p>	1. Оборудование для измельчения, сортировки, дозирования и смешения стройматериалов.

			9. Принципиальные схемы и рабочий процесс. Конструкции устройств.	
			10. Автоматизация управления дозаторами.	
			11. Машины и оборудование для транспортирования строительных смесей.	<b>2.</b> Транспортирующие машины.
			12. Расчет основных параметров машин бетоно- и растворонасосов.	
			13. Гравитационные смесители.	<b>3.</b> Машины и оборудование для приготовления бетонных железобетонных изделий
			14. Смесители принудительного действия.	
			15. Вибрационные смесители.	
			16. Классификация смесительных машин, схемы, конструкции и рабочий процесс.	
			17. Типоразмерные ряды, номенклатура и технико- эксплуатационные показатели бетоно- и растворо- смесителей.	
			18. Методика расчета геометрических и кинематических параметров, производительности и мощности двигателя.	
			19. Особенности эксплуатации смесителей.	
			20. Установки и заводы для приготовления бетонных смесей и строительных растворов.	
			21. Технологический процесс приготовления бетоно- и растворных смесей.	
			22. Выбор и компоновка оборудования.	
2.	ПК-9	Способность вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, способность осуществлять техническое оснащение, размещение и обслуживание технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины, требований охраны труда и экологической	23. Автоматизация управления работой оборудования и возможности применения АСУП на бетоно- и растворо- смесительных заводах и установках.	
			24. Общие сведения о производстве железобетонных изделий.	
			25. Оборудование для изготовления арматуры.	
			26. Оборудование для укладки бетонной смеси.	
			27. Общие сведения об уплотнении бетонной смеси. Конструкция и расчет основных параметров вибраторов.	
			28. Виброплощадки (назначение, классификация, конструкция, расчет).	
			29. Оборудование и технология импульсного уплотнения бетонных смесей.	
			30. Специальное формовочное оборудование.	
			31. Машины для отделки железобетонных изделий (назначение, классификация).	
			32. Копры и копровое оборудование сваебойных установок.	
			33. Агрегаты для погружения свай	
			34. Ручные машины для строительных работ.	
			35. Машины для отделочных работ.	

	безопасности	36. Перспектива создания наиболее эффективных машин и монтажного оборудования предприятий стройиндустрии	
		37. Общие сведения о производстве железобетонных изделий.	
		38. Оборудование для изготовления арматуры.	
		39. Оборудование для укладки бетонной смеси.	
		40. Общие сведения об уплотнении бетонной смеси. Конструкция и расчет основных параметров вибраторов.	
		41. Виброплощадки (назначение, классификация, конструкция, расчет).	
		42. Оборудование и технология импульсного уплотнения бетонных смесей.	
		43. Специальное формовочное оборудование.	
		44. Машины для отделки железобетонных изделий (назначение, классификация).	
		45. Копры и копровое оборудование сваебойных установок.	
		46. Агрегаты для погружения свай	
		47. Ручные машины для строительных работ.	
		48. Машины для отделочных работ.	
		49. Перспектива создания наиболее эффективных машин и монтажного оборудования предприятий стройиндустрии	

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технические условия на проектирование и техническое описание конструкций двигателей внутреннего сгорания и автотракторного оборудования;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные особенности разработки конструкторско-технической документации;</li> </ul> <p><b>Уметь</b> (ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать задачи профессиональной деятельности при участии в техническом обеспечении исследований и реализации их результатов;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p>	отлично	<p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа. Обучающийся владеет техническими условиями проектирования машин стройиндустрии, и особенностями разработки конструкторской документации.</p>

<p>- осуществлять разработку конструкторско-технической документации;</p> <p><b>Владеть (ПК-8):</b></p> <p>– навыками решений практических задач в процессе осуществления исследований;</p> <p><b>(ПК-9):</b></p> <p>- навыками разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов двигателей внутреннего сгорания и автотракторного оборудования.</p>	<p><b>хорошо</b></p>	<p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные обучающимся с помощью преподавателя. Обучающийся владеет техническими условиями проектирования машин строительной индустрии, и особенностями разработки конструкторской документации.</p>
	<p><b>удовлетворительно</b></p>	<p>Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Обучающийся владеет техническими условиями проектирования машин строительной индустрии, и особенностями разработки конструкторской документации.</p>
	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология по дисциплине не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося. Обучающийся не владеет техническими условиями проектирования машин строительной индустрии, и особенностями разработки конструкторской документации.</p>

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

Дисциплина «Механическое оборудование предприятий стройиндустрии» направлена на ознакомление обучающегося с азами анализа конструкций автомобилей, оценке параметров рабочих процессов агрегатов и систем на прочность и жесткость элементов конструкций конструкцией автомобиля; на получение теоретических знаний и практических навыков в отрасли автомобилестроения для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины «Механическое оборудование предприятий стройиндустрии» предусматривает:

- лекции;
- практические занятия;
- самостоятельная работа;
- контрольная работа;
- зачет.

Обучающемуся необходимо овладеть навыками и умениями применения изученного материала для освоения базовых дисциплин, применения и реализации тех или иных проектов в конкретных ситуациях.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на объекты профессиональной деятельности.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующему вопросу: конструкция и рабочие процессы агрегатов автомобиля.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков исследования нюансов расчета автомобиля, его агрегатов и основных систем.

Самостоятельную работу необходимо начинать с умения пользоваться библиотечным фондом вуза.

В процессе консультации с преподавателем уметь четко и корректно формулировать заданные вопросы.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде практических занятий, работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Механическое оборудование предприятий стройиндустрии**

**1. Цель и задачи дисциплины**

**Целью изучения дисциплины является:**

Формирование компетенций, позволяющих знать основное оборудование предприятий строительной индустрии в соответствии с его назначением.

**Задачей изучения дисциплины является: -**

- ознакомить с основами устройства машин и механизмов;
- ознакомить с принципами выбора механического оборудования для различных производств и технологических линий;
- научить основам расчета и подбора определенного технологического оборудования предприятий стройиндустрии.

**2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебной работы, включая самостоятельную работу: Лк – 17 час.; ПЗ - 34 час., СР - 57 час.  
Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетных единиц.

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 – Оборудование для измельчения, сортировки, дозирования и смешения стройматериалов.
- 2 – Транспортирующие машины.
- 3 - Машины для производства бетонных и железобетонных изделий и специальное оборудование.

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-8 – владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования
- ПК-9 - способность вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, способность осуществлять техническое оснащение, размещение и обслуживание технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины, требования охраны труда и экологической безопасности

**4. Вид промежуточной аттестации: зачет**

*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

---

С.А. Белых

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-8	Владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	<b>1. Оборудование</b> для измельчения, сортировки, дозирования и смешения стройматериалов.	<p>1.1 Общие сведения о технологических и физико-механических свойствах бетонов и растворов.</p> <p>1.2 Технологические требования к бетоно- и растворосмесителям</p> <p>1.3 Реологические и математические модели строительных смесей.</p> <p>1.4 Место и значение смесительных машин при производстве смесей.</p> <p>1.5 Дозировочное оборудование бетоно- и растворосмесительных установок.</p> <p>1.6 Общие сведения о способах дозирования сухих зерновых, пылевидных и жидких материалов.</p> <p>1.7 Государственные стандарты на точность дозирования компонентов бетонов и растворов.</p> <p>1.8 Весовые дозаторы циклического и непрерывного действия для отмеривания сухих и жидких материалов.</p> <p>1.9 Принципиальные схемы и рабочий процесс. Конструкции устройств.</p> <p>1.10 Автоматизация управления дозаторами.</p>	Тестовое задание № I- № IX кр

ПК-9	Способность вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, способность осуществлять техническое оснащение, размещение и обслуживание технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины, требований охраны труда и экологической безопасности	2. 2. Транспортирующие машины.	2.1 Машины и оборудование для транспортирования строительных смесей. 2.2 Расчет основных параметров машин бетоно- и растворонасосов.	Тестовое задание № X- № XII кр
		3.Машины и оборудование для приготовления бетонных и железобетонных изделий	3.1 Гравитационные смесители. 3.2 Смесители принудительного действия. 3.3 Вибрационные смесители. 3.4 Классификация смесительных машин, схемы, конструкции и рабочий процесс. 3.5 Типоразмерные ряды, номенклатура и технико- эксплуатационные показатели бетоно- и растворо- смесителей. 3.6 Методика расчета геометрических и кинематических параметров, производительности и мощности двигателя. 3.7 Особенности эксплуатации смесителей. 3.8 Установки и заводы для приготовления бетонных смесей и строительных растворов. 3.9 Технологический процесс приготовления бетоно- и растворных смесей. 3.10 Выбор и компоновка оборудования. 3.11 Автоматизация управления работой оборудования и возможности применения АСУП на бетоно- и растворосмесительных заводах и установках. 3.12 Общие сведения о производстве железобетонных изделий.	Тестовое задание № XIII- № XXX; Кр

			<p>3.13 Оборудование для изготовления арматуры.</p> <p>3.14 Оборудование для укладки бетонной смеси.</p> <p>3.15 Общие сведения об уплотнении бетонной смеси. Конструкция и расчет основных параметров вибраторов.</p> <p>3.16 Виброплощадки (назначение, классификация, конструкция, расчет).</p> <p>3.17 Оборудование и технология импульсного уплотнения бетонных смесей.</p> <p>3.18 Специальное формовочное оборудование.</p> <p>3.19 Машины для отделки железобетонных изделий (назначение, классификация)</p>	
--	--	--	--	--

**Тестовое задание:**

I. Основной технико – эксплуатационный показатель:

- а) производительность
- б) стоимость
- в) энергоемкость

II. Аббревиатура САДЛ расшифровывается:

- а) сборочно-разборные автоматизированные дробильно-сортировочные линии
- б) сборочно-разборные автоматизированные дробильно-сушильные линии
- в) сборочно-разборные автоматизированные дробильно-смесительные линии

III. Бетоноукладчики, обслуживающие формы разных размеров:

- а) специальные
- б) обычные
- в) универсальные

IV. К недостаткам дробилок ударного действия относится:

- а) сложность конструкции
- б) интенсивный износ рабочих органов
- в) низкая степень измельчения

V. Грунты уплотняются для:

- а) для приобретения грунтом равномерного слоя
- б) для обеспечения устойчивости зданий и сооружений
- в) для сообщения частицам грунта таких колебаний, благодаря которым уменьшается трение между частицами.

VI. Формула для определения частоты вращения втулки:

- а)  $n = 2\sqrt{g/2h}$
- б)  $n = 0.5\sqrt{g/2h}$
- в)  $n = 0.25\sqrt{g/2h}$

VII. Неподвижные аппараты, в которых движение пульпы носит вращательный характер:

- а) гидроциклоны
- б) смесители
- в) центрифуги

8. Степень загрузки барабана мелющими телами характеризуется .....

ПХ. Максимально возможная производительность:

- а) теоретическая
- б) техническая
- в) эксплуатационная

IX. Максимальная величина загрузочного отверстия щековой дробилки в зависимости от размеров кусков:

- а) 0,6 ширины
- б) 0,85 ширины
- в) 0,65 ширины

X. Бетонукладчики с ограниченными размерами обслуживаемых форм:

- а) специальные
- б) обычные
- в) универсальные

XI. В дробилках ударного действия в качестве рабочих органов применяется:

- а) валки
- б) молотки
- в) била

XII. Степень уплотнения оценивается коэффициентом:

- а) сжатия
- б) прижатия
- в) уплотнения

XIII. Единица измерения производительности конусных дробилок:

- а)  $m^3/c$
- б)  $m^2/c$
- в) об/с

XIV. Сопротивление трению в гидравлических классификаторах определяется по закону:

- а) Стокса
- б) Риттингера
- в) Ньютона

XV. Барабанные мельницы по характеру работы работают в открытом и ..... циклах

1. Свойства изделия сохранять работоспособность до предельных состояний:

- а) надежность
- б) долговечность
- в) прочность

XVI. Устройство подающее щебень в бункер называется:

- а) лопатки
- б) конвейер
- в) элеватор

XVII. В бетоноукладчике с ленточным питателем регулируется подъёмом и опусканием за-  
слонки:

- а) ширина слоя бетонной смеси;
- б) толщина слоя бетонной смеси;
- в) высота слоя бетонной смеси.

XVIII. Двухроторные дробилки одноступенчатого действия применяют для:

- а) повышения степени измельчения
- б) получения большей производительности
- в) понижения износа рабочих органов

IXX. Вибрация в виброплитах достигается за счет:

- а) дебаланса
- б) большой частоты вращения вала
- в) смещения центра тяжести на валу

XX. Установочная мощность двигателя дробилки:

- а)  $N_{уст} = N / (1000 * \eta)$
- б)  $N_{уст} = N / (100 * \eta)$
- в)  $N_{уст} = N / (10 * \eta)$

XXI. При разделении материала в центробежных сепараторах на криволинейных участках камер на частицы, действуют силы:

- а) трения о воздух
- б) трения о стенки камер
- в) центробежные

XXII. Барабанные мельницы по конструкции привода классифицируются с периферийным и  
..... приводами.

XXIII. Удельные материалоемкость и энергоёмкость машины представляют собой соответ-  
ственно отношение:

- а) массы машины и мощности её силовой установки к единице часовой технической произ-  
водительности
- б) стоимость машины и мощности её силовой установки
- в) масса машины к стоимости её силовой установки

XXIV. К какому типу относят передвижную дробильно-сортировочную установку произво-  
дительностью до 50т/ч:

- а) малой
- б) большой
- в) средней

XXV. В бетонораздатчике непрерывного действия сварная платформа на рельсовом ходу пе-  
ремещается вдоль эстакадного ленточного конвейера, транспортирующего:

- а) бетонную смесь;
- б) лоток;
- в) наклонную раму.

XXVI. Производительность современных виброплит:

- а) 1500...5000 м<sup>3</sup>/ч

- б) 5000...10000 м<sup>3</sup>/ч  
в) 300...900 м<sup>3</sup>/ч

XXVII. Формула производительности дробилки:

- а)  $P = \mu \cdot n \cdot V$   
б)  $P = \mu \cdot D \cdot V$   
в)  $P = \mu \cdot \eta \cdot V$

XXVIII. Источником питания передвижной дробильно-сортировочной установки служит?

- а) бензиновый двигатель  
б) дизель генератор  
в) электродвигатель

XXIX. Какая из машин относится к классу машин для механической сортировки материалов:

- а) машина для воздушной сортировки материалов;  
б) машина для магнитной сепарации;  
в) грохоты;

XXX. Барабанные мельницы классифицируются по способу помола на сухой и ..... помол.

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технические условия на проектирование и техническое описание конструкций двигателей внутреннего сгорания и автотракторного оборудования;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные особенности разработки конструкторско-технической документации;</li> </ul> <p><b>Уметь</b> (ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать задачи профессиональной деятельности при участии в техническом обеспечении исследований и реализации их результатов;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять разработку конструкторско-технической документации;</li> </ul> <p><b>Владеть</b> (ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками решений практических задач в процессе</li> </ul>	отлично	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа.
	хорошо	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные обучающимся с помощью преподавателя.

<p>осуществления исследований; (ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов двигателей внутреннего сгорания и автотракторного оборудования</li> </ul>	<p><b>удовлетворительно</b></p>	<p>Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.</p>
	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология по дисциплине не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство от «12» марта 2015 г. № 201

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015 г. № 475

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016 г. № 429

**Программу составил:**

Жмуров Владимир Витальевич, к.т.н., доцент

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СМиТ от «29» ноября 2018 г., протокол № 5

И.о. заведующего кафедрой СМиТ \_\_\_\_\_ Белых С.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего выпускающей кафедрой СМиТ \_\_\_\_\_ Белых С.А.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией инженерно-строительного факультета от «20» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ Перетолчина Л.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Нежевец Г.П.

Регистрационный № \_\_\_\_\_