

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

институт

Строительные материалы и технологии строительства

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г.В. Игнатьев

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2017г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

В виде исследовательской работы

08.03.01 «Строительство»

код – наименование направления

Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней на основе отходов
теплоэнергетики

Руководитель

подпись, дата

к.т.н., профессор ВАК, Шевченко В.А.

должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

Владыко А.Н., Гинько Я.П..

инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

институт

Строительные материалы и технологии строительства

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г.В. Игнатьев

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

в форме бакалаврской работы

Студенту Владыко Анастасии Николаевне, Гинько Яне Павловне

фамилия, имя, отчество

Группа СБ 13-41 Направление (профиль) 08.03.01

(номер)

(код)

«Строительство» - профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней на основе отходов теплоэнергетики

Утверждена приказом по университету № 3731/с от 23.03.2017 г.

Руководитель ВКР В.А. Шевченко, к.т.н., профессор ВАК, СМиТС ИСИ СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР бакалавра Провести исследование топливных отходов г.Красноярска, подобрать состав мелкозернистого золошлакобетона, изучить его физико-механические свойства и разработать технологическую линию производства.

Перечень разделов ВКР бакалавра Технико-экономическое обоснование, экспериментальная часть, технологическая часть, заключение, экология.

Перечень графического материала Экспериментальная часть – 4 листов, технология производства – 6 листов.

Руководитель ВКР _____

подпись

В.А. Шевченко

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____

подпись

А.Н. Владыко, Я.П. Гинько

инициалы и фамилия

«__» ____ 2017 г.

Номенклатура выпускаемой продукции



Технические требования

Показатель	Значение показателя
Номинальный размер, мм	190x188x390
Отклонения, мм:	
-по длине и ширине	±3
-по высоте	±4
-по толщине стенок	+3
Класс по прочности	B7,5-B10
Марка по морозостойкости	F50
Плотность, кг/м ³ , не менее	1650
Масса камня, кг, не более	31

ВКР-270800.62.00.04-2017 ТХ					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.	Гинжо Я.П.				
Руковод.	Щебенко В.А.				
Заб.каф.	Измальев Г.В.				
Н.контр.	Щебенко В.А.				
Номенклатура выпускаемой продукции				Стадия	Лист
				У	1
Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики				Листов	10
				СБ 13-41	

Формат А1

Свойства сырьевых материалов

Нормальная густота и сроки схватывания,
равномерность изменения объема

Место отбора	Нормальная густота, %	Сроки схватывания		Равномерность изменения объема
		начало час-мин	конец час-мин	
Зола №1 (ТЭЦ 1)	25,75	2-25	3-30	Трещин нет, образцы хрупкие
Зола №2 (ТЭЦ 2)	26,75	0-30	1-20	Радиальные трещины размером около 10 мм
Зола №3 (ТЭЦ 3)	32,5	1-10	2-45	Трещин нет

Химический состав золы-унос
Красноярских ТЭЦ

№	Место отбора	П.П.П	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	CaO _{св}
1	Зола ТЭЦ 1	6,20	54,08	6,12	5,36	22,92	3,25	1,2	2,95
2	Зола ТЭЦ 2	5,5	37,97	6,51	9,13	32,05	5,76	2,86	9,10
3	Зола ТЭЦ 3	3,82	62,03	5,87	4,53	18,75	3,32	1,13	2,83

Свойства золошлаковой смеси

Наименование показателя	Значение показателя	Значение по ГОСТ
Максимальный размер зерен шлака шлаковой составляющей мм, не более	5	5
Содержание шлаковой составляющей %, по массе	8	0-10
Содержание шлакового щебня в шлаковой составляющей %, по массе	-	-
Содержание зольной составляющей %, по массе	3	3
Средняя плотность, г/см ³	1,8	до 2,0
Насыпная плотность, кг/м ³	1,48	более 1,2

Физико-механические свойства золы

Место отбора	Удельная поверхность, см ² /г	Остаток на сите №008, %	Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа			
				при изгибе		при сжатии	
				1сут	28сут	1сут	28сут
Зола №1 (ТЭЦ 1)	1835	18,8	2,87	-	0,75	-	2,4
Зола №2 (ТЭЦ 2)	3434	12,1	2,9	1,1	2,4	6,5	7,95
Зола №3 (ТЭЦ 3)	2625	15,8	2,88	0,7	1,02	2,04	3,32

ВКР-270800.62.00.04-2017 ТХ					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.	Гинко Я.Н.				
Руковод.	Щебенко В.А.				
Заб.каф.	Измальев Г.В.				
Н.контр.	Щебенко В.А.				
Свойства сырьевых материалов					Стандия
Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики					Лист
					Листов
					4
					2
					10
					СБ 13-41

Влияние микрокремнезема на свойства зольного теста и камня

№	Содержание, % по массе		Нормальная густота,%	Сроки схватывания		Результаты испытаний на РиО	Предел прочности, МПа			
	Зола	МК		начало час-мин	конец час-мин		при изгибе		при сжатии	
							1 см	28 см	1 см	28 см
1	100	-	23	0-30	1-20	-	1,1	2,1	6,5	7,95
2	96	4	24	0-53	1-36	+	1,4	3,1	12,7	21,3
3	94	6	25	0-47	1-24	+	1,4	3,0	12,6	20,0
4	92	8	26	0-40	1-09	+	1,3	3,0	12,4	19,8
5	90	10	27	0-37	0-42	+	1,2	2,9	12,3	19,6

						ВКР-270800.62.00.04-2017 ТХ					
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Влияние микрокремнезема на свойства зольного теста и камня			Стандия	Лист	Листов
Разраб.	Гинко Я.П.								У	3	10
Руковод.	Щебенко В.А.								Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики		
Заб.каф.	Измальев Г.В.										
Н.контр.	Щебенко В.А.										
									СБ 13-41		

Состав и свойства золошлакобетона

Состав золошлакобетона с добавками

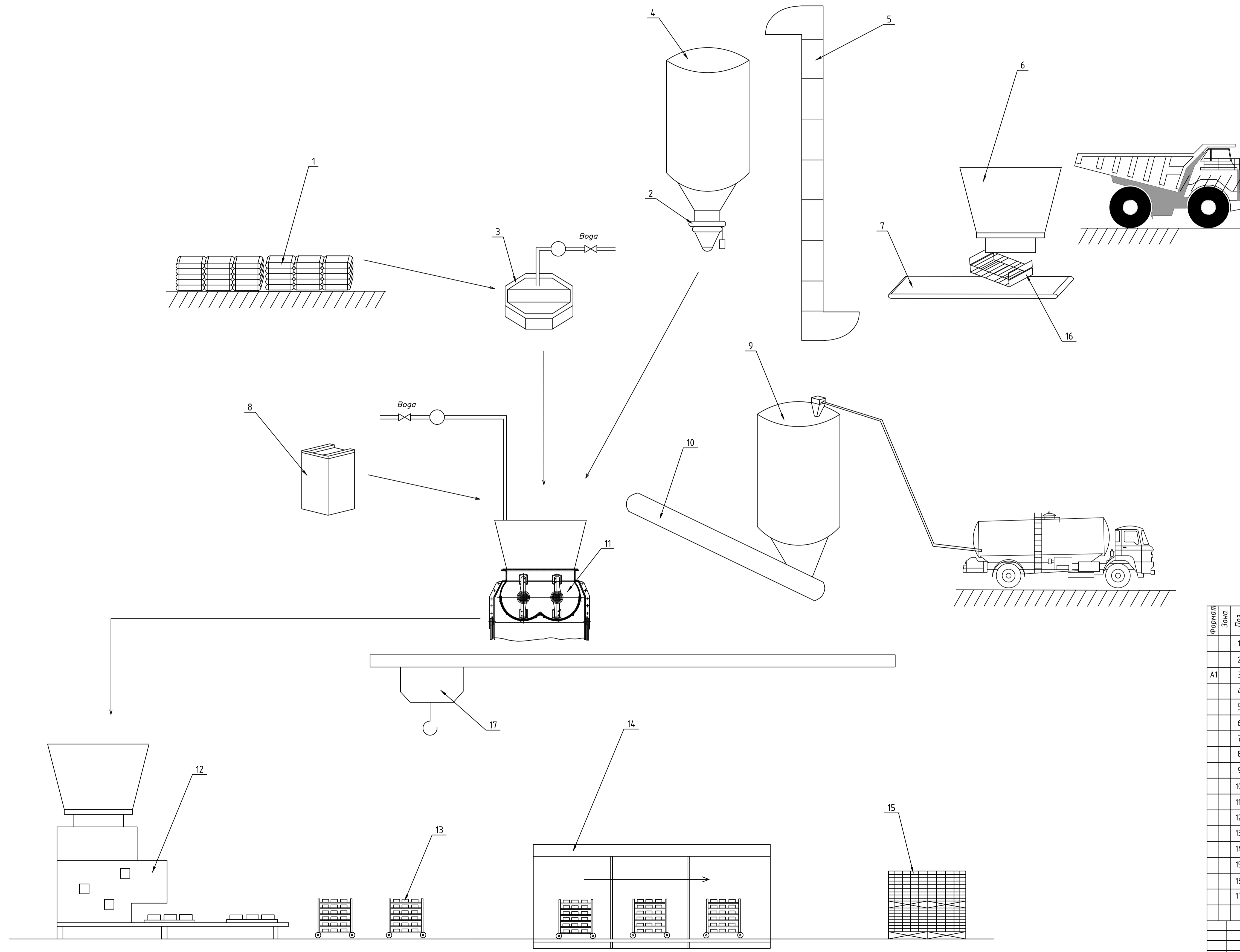
№ состава	Вид добавки	Расход материалов на 1 м ³				
		Зола, т	Микрокремнезем, т	Шлак, т	Вода, л	Добавка, %
1	ПФМ-НЛК	0,650	0,070	0,680	250	0,5
2	Полипласт П-1	0,650	0,070	0,680	234	1
3	Реламикс ПК	0,650	0,070	0,680	157	1

Физико-механические свойства золошлакобетона

Состав	Плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии, МПа		
		7 см	14 см	28 см
1	2	1,76	2,10	4,46
2	2,06	1,23	1,90	2,10
3	2,21	10,30	14,35	18,20

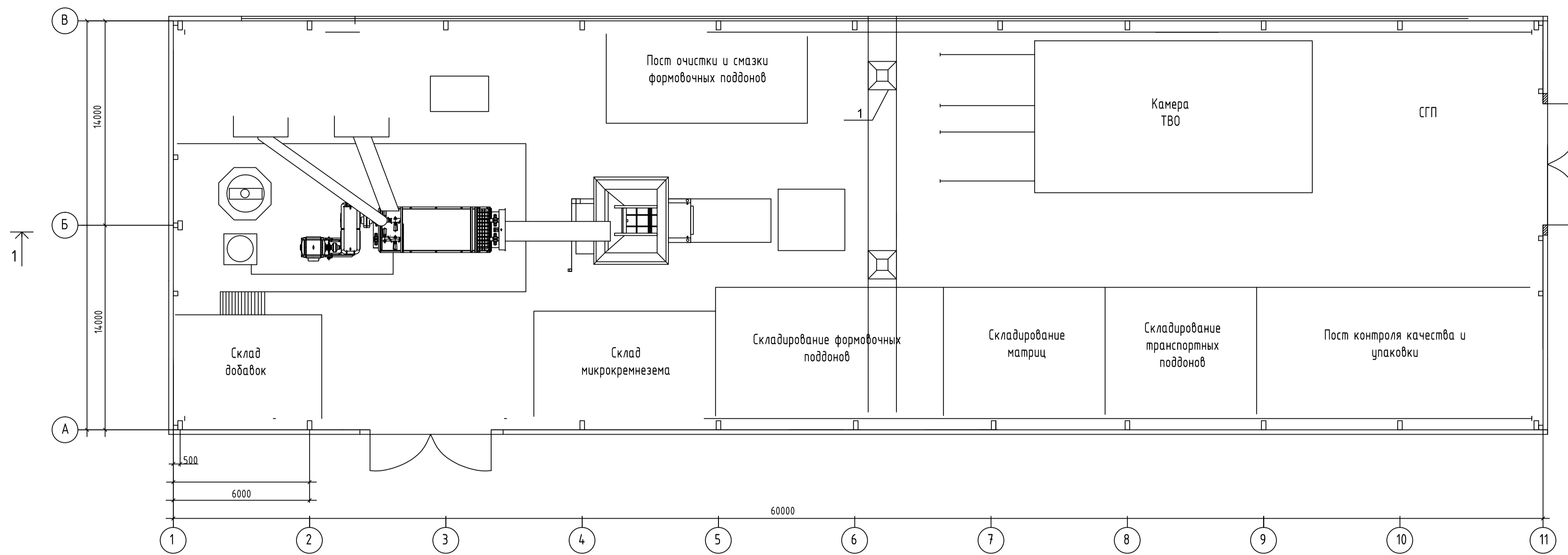
ВКР-270800.62.00.04-2017 ТХ					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.	Гинко Я.П.				
Руковод.	Щебенко В.А.				
Заб.каф.	Измальев Г.В.				
Н.контр.	Щебенко В.А.				
Состав и свойства золошлакобетона				Страница	Лист
Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики				4	10
				СБ 13-41	

Технологическая схема производства

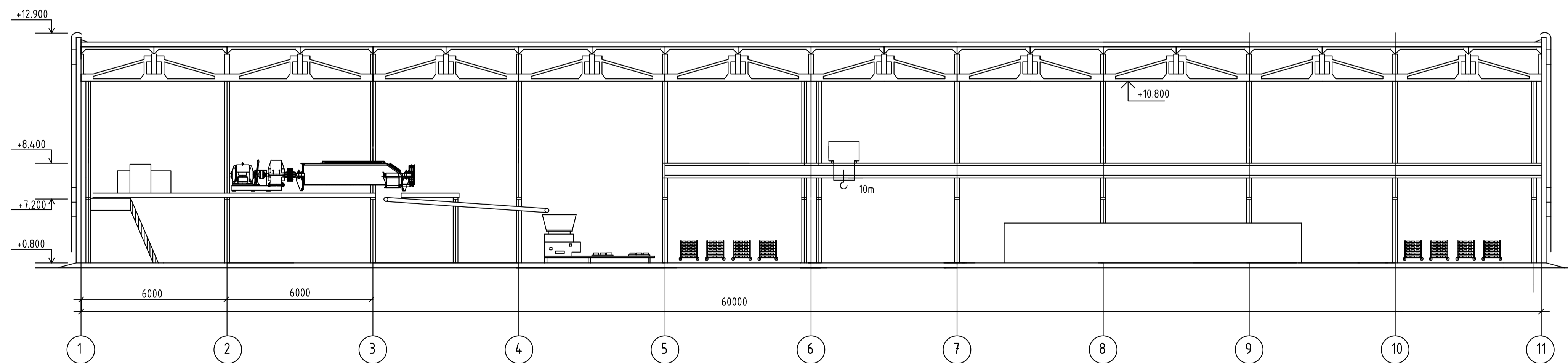


Формат	Этап	Поз.	Наименование	Кол.	Примеч.		
		1	Мешки с микрокремнеземом				
		2	Дозатор весовой	2			
A1		3	Болтушка	1			
		4	Бункер ЗШС	1			
		5	Элеватор	1			
		6	Склад ЗШС	1			
		7	Ленточный конвейер	2			
		8	Химическая добавка	1			
		9	Бункер зольный	1			
		10	Винтовой конвейер	1			
		11	Смеситель двухвальный	1			
		12	Пресс	1			
		13	Поддон с изделиями				
		14	Туннельная камера тепловлажностной обработки	1			
		15	Склад готовой продукции	1			
		16	Вибросито	1			
		17	Кран мостовой	1			
VKP-270800.62.00.04-2017 ТХ							
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт							
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		
Разраб.	Гинко Я.П.						
Руковод.	Щебенко В.А.						
Заб.каф.	Измальев Г.В.						
Н.контр.	Щебенко В.А.						
Технологическая схема производства					Стандия	Лист	Листов
Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики					4	5	10
СБ 13-41							

План на отм. 0,000 М 1:400



Разрез 1-1



Формат	Зона	Поз.	Наименование	Кол.	Примеч.
		1	Бункер золы	1	
		2	Бункер ЗШС	1	
A1		3	Дозатор воды	1	
		4	Дозатор золы	1	
		5	Дозатор ЗШС	1	
		6	Болтушка	1	
		7	Ленточный конвейер	2	
		8	Винтовой конвейер	1	
		9	Смеситель двухвальный	1	
		10	Вибропресс	1	
		11	Стенд с поддонами		
		12	Кран мостовой	1	
		13	Пульт управления	1	

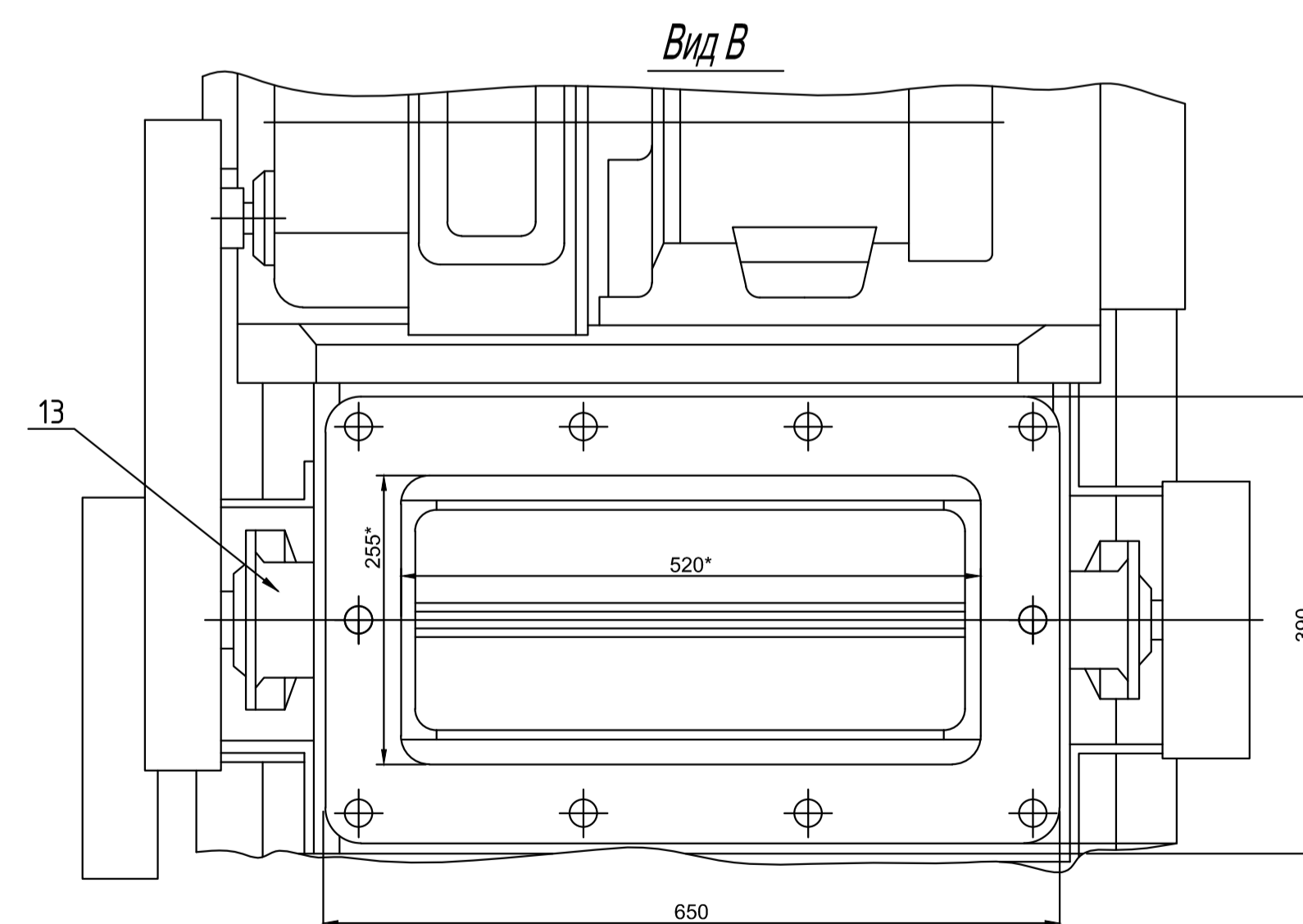
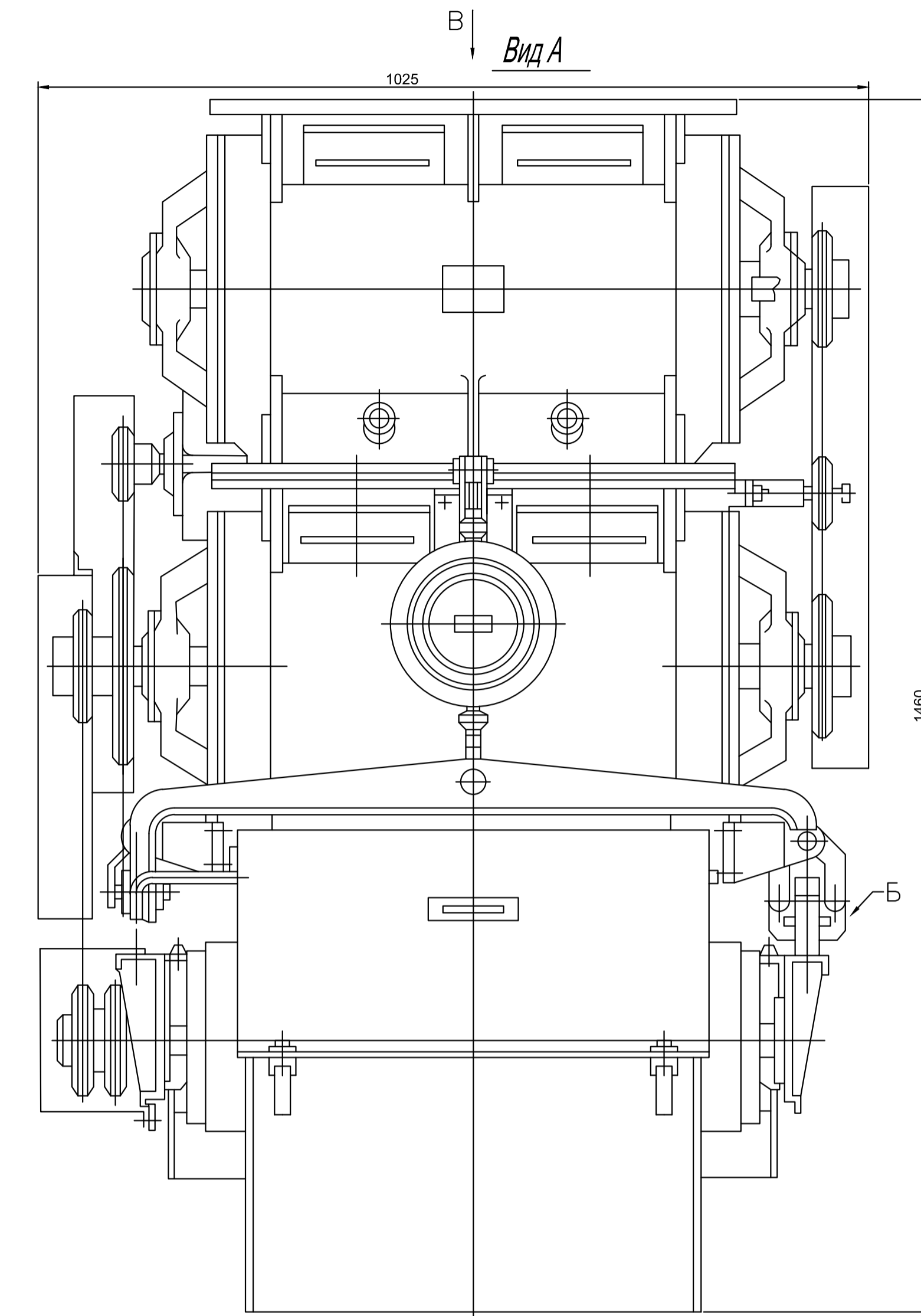
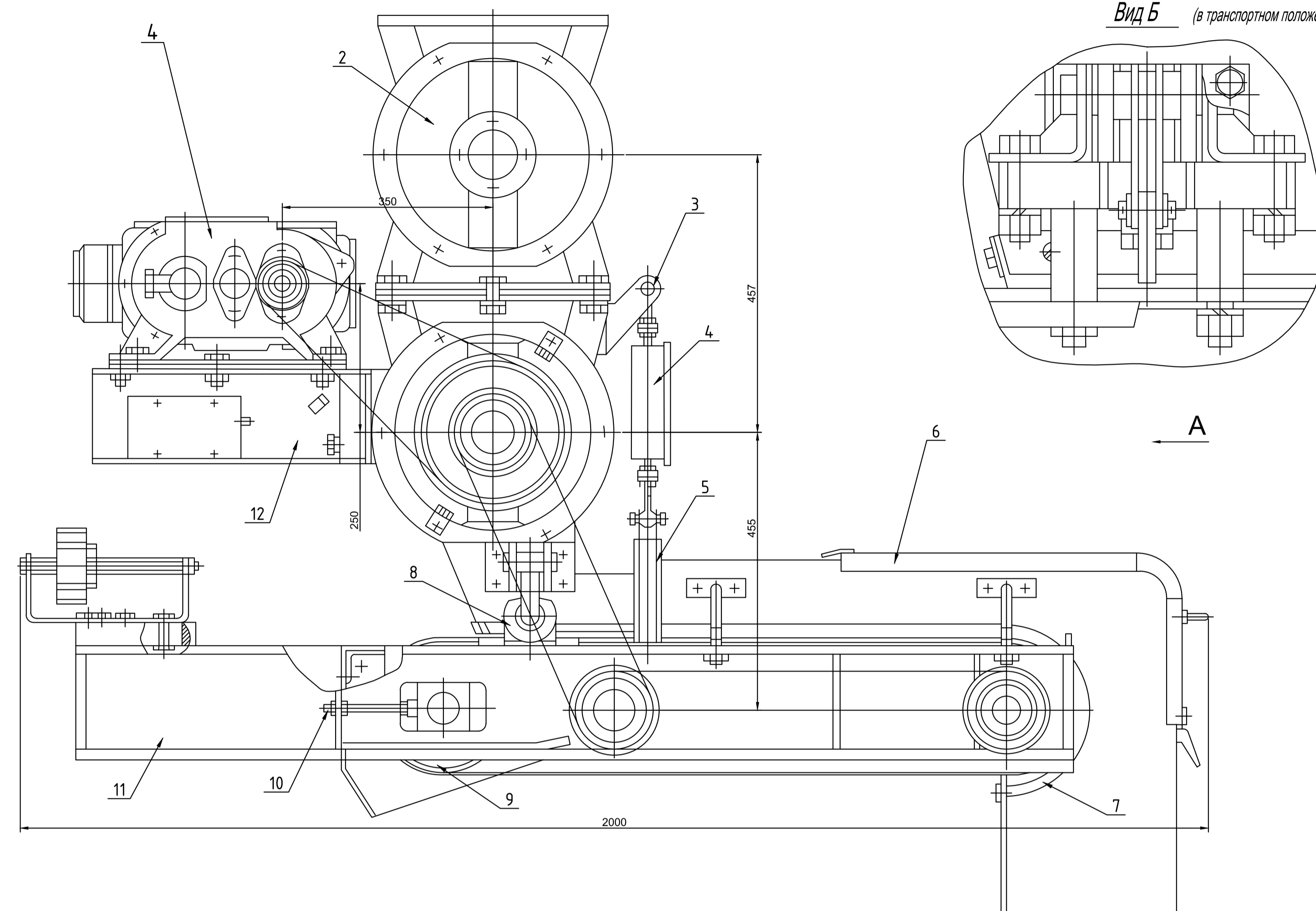
ВКР-270800.62.00.04-2017 ТХ

Сибирский Федеральный Университет
Инженерно-строительный институт

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Стация	Лист	Листов
Разраб.		Гинко Я.П.				План на отм. 0,000 М1:400; разрез 1-1	4	6
Рисов.		Щебенко В.А.						
Заб.каф.		Измальев Г.В.						
Н.контр.		Щебенко В.А.						
						Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики	СБ 13-41	

Формат А1

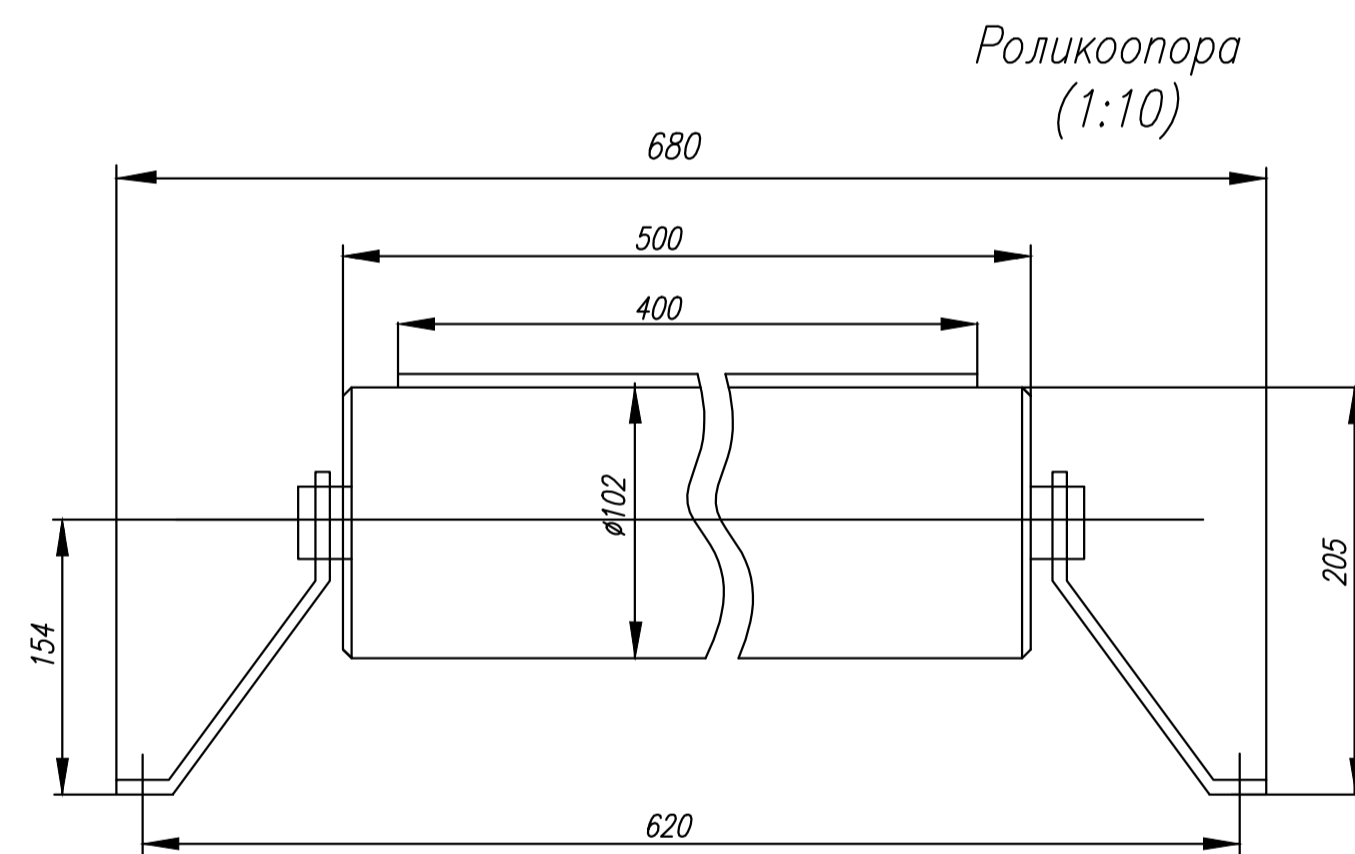
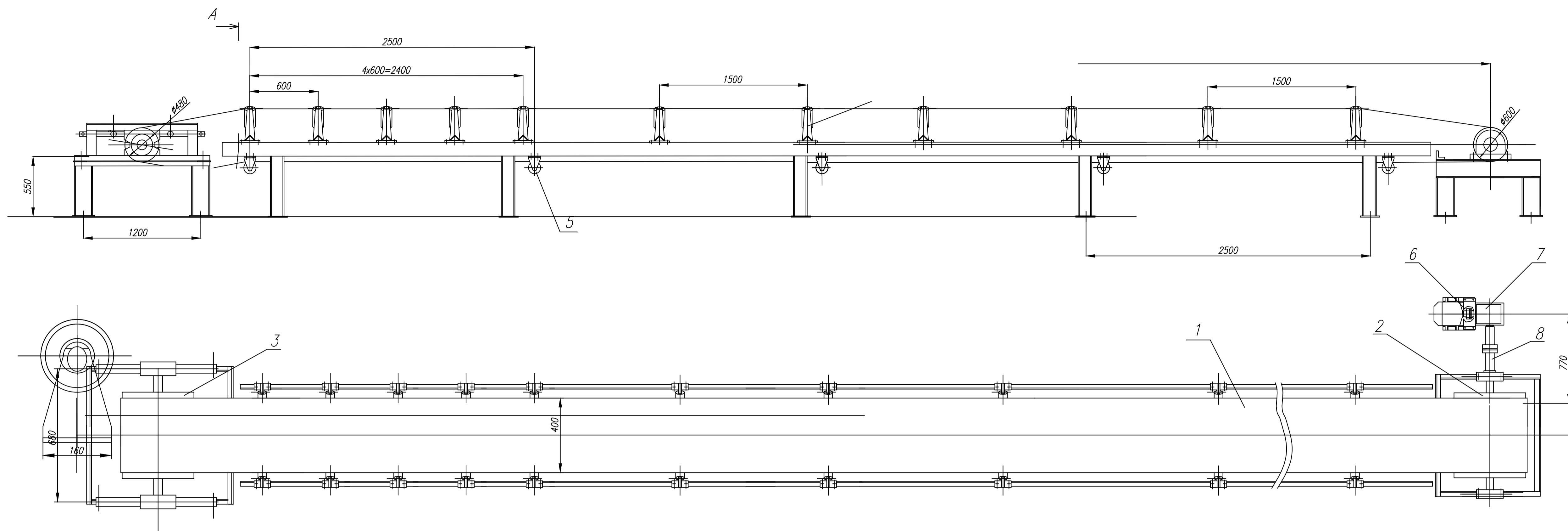
Дозатор весовой для золы СБ-71А



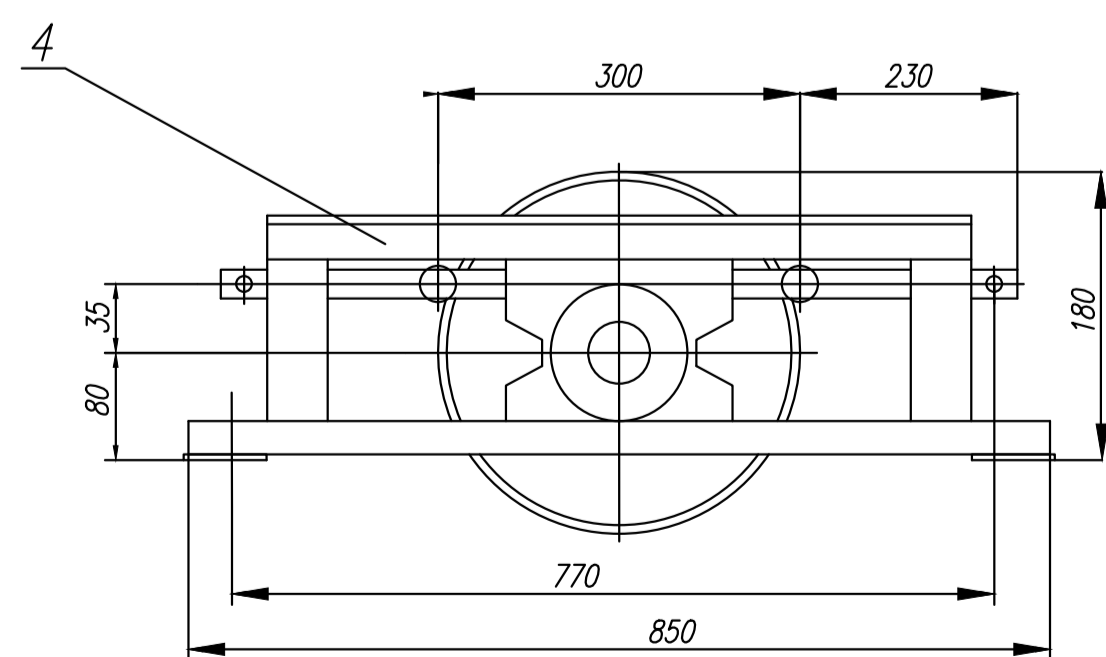
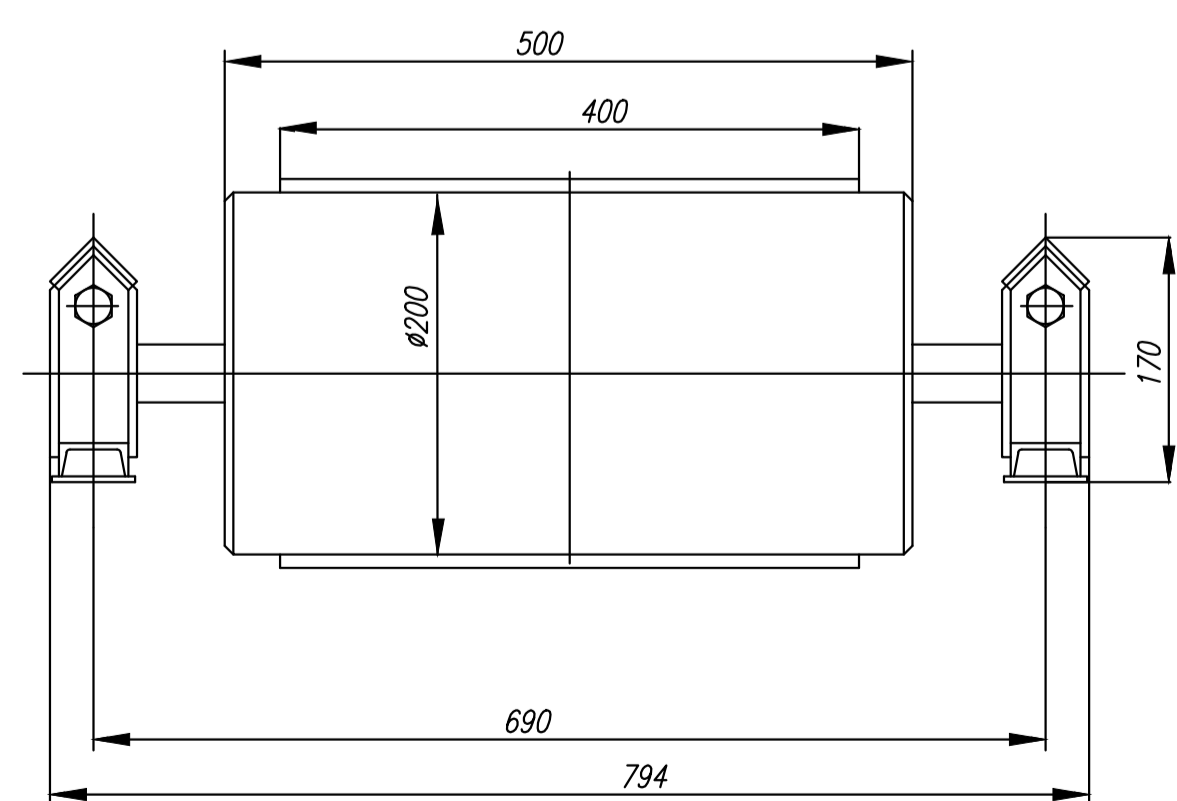
Технические характеристики	
Регулируемая производительность, м/ч	5-20
Точность дозирования, %	±3
Ширина ленты, м	0,55
Скорость ленты (регулируемая), м/с	0,054-0,108
Установленная мощность, кВт	1,2
Габаритные размеры, мм	
длина	2000
ширина	1025
высота	1460

Формат	Этап	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				Документация		
A1			ВКР-270800.62.00.04-2017.0В	Общий вид		
				Сборочные единицы		
	1		ВКР 270800.62.00.04-10	Привод дозатора	1	
	2		ВКР 270800.62.00.04-20	Двухбарабанный питатель	1	
	3		ВКР 270800.62.00.04-30	Кронштейн на течке	1	
	4		ВКР 270800.62.00.04-40	Датчик усилия	1	
	5		ВКР 270800.62.00.04-50	Кронштейн на щеках конвейера	1	
	6		ВКР 270800.62.00.04-60	Навес	1	
	7		ВКР 270800.62.00.04-70	Лента	1	
	8		ВКР 270800.62.00.04-80	Шарнирные опоры	2	
	9		ВКР 270800.62.00.04-90	Натяжной барабан	1	
	10		ВКР 270800.62.00.04-100	Натяжной винт	1	
	11		ВКР 270800.62.00.04-110	Весовой конвейер	1	
	12		ВКР 270800.62.00.04-120	Двухступенчатая цепная передача	1	
	13		ВКР 270800.62.00.04-130	Промежуточная цепная передача	1	
ВКР-270800.62.00.04-2017.0В						
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт						
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	
Разраб.	Гинько Я.П.					
Руковод.	Щебенко В.А.					
Заб.каф.	Измальев Г.В.					
Н.контр.	Щебенко В.А.					
				Дозатор весовой для золы СБ-71А	Стандия	Лист
				Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики	У	7
						10
						СБ 13-41

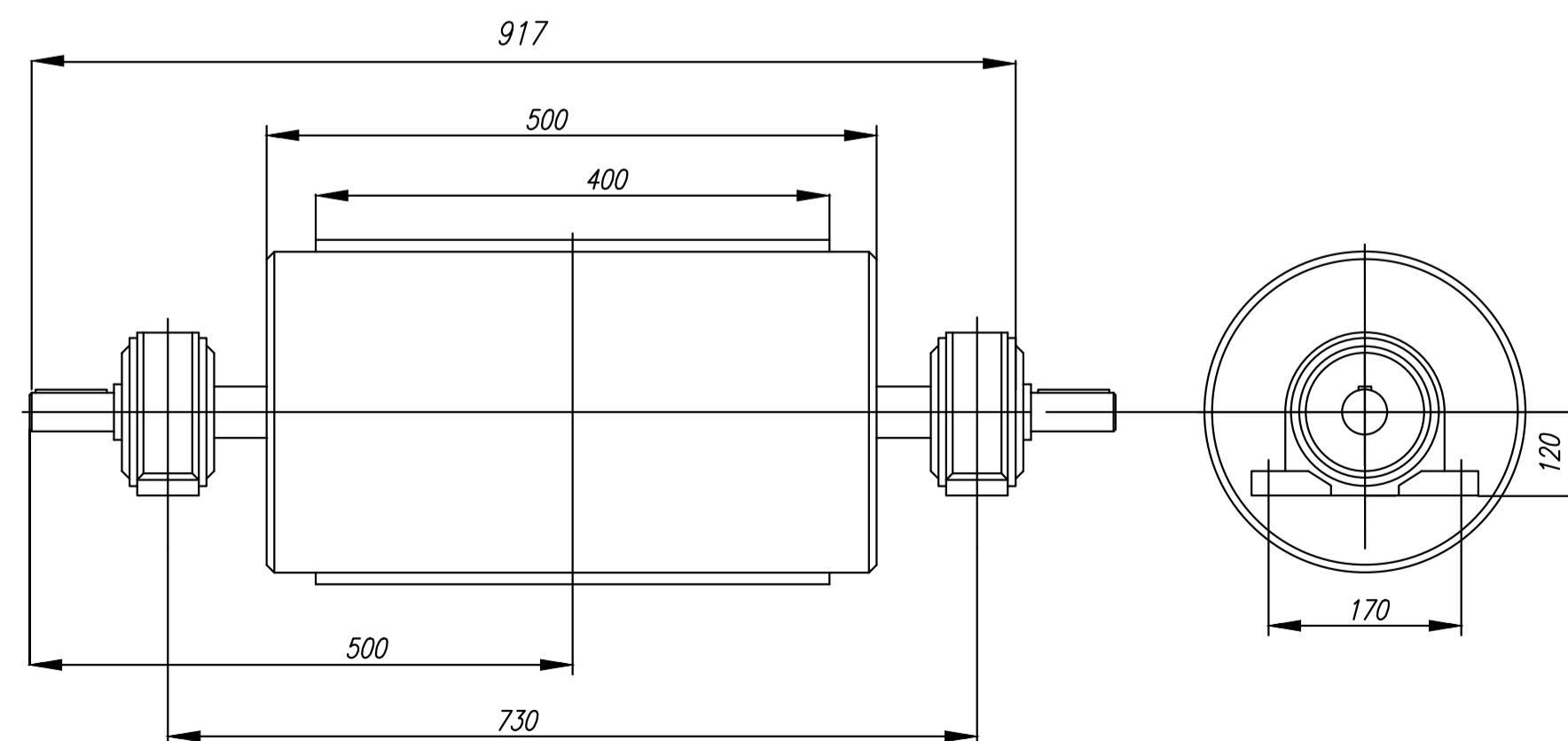
Горизонтальный ленточный конвейер



Натяжное устройство
(1:10)



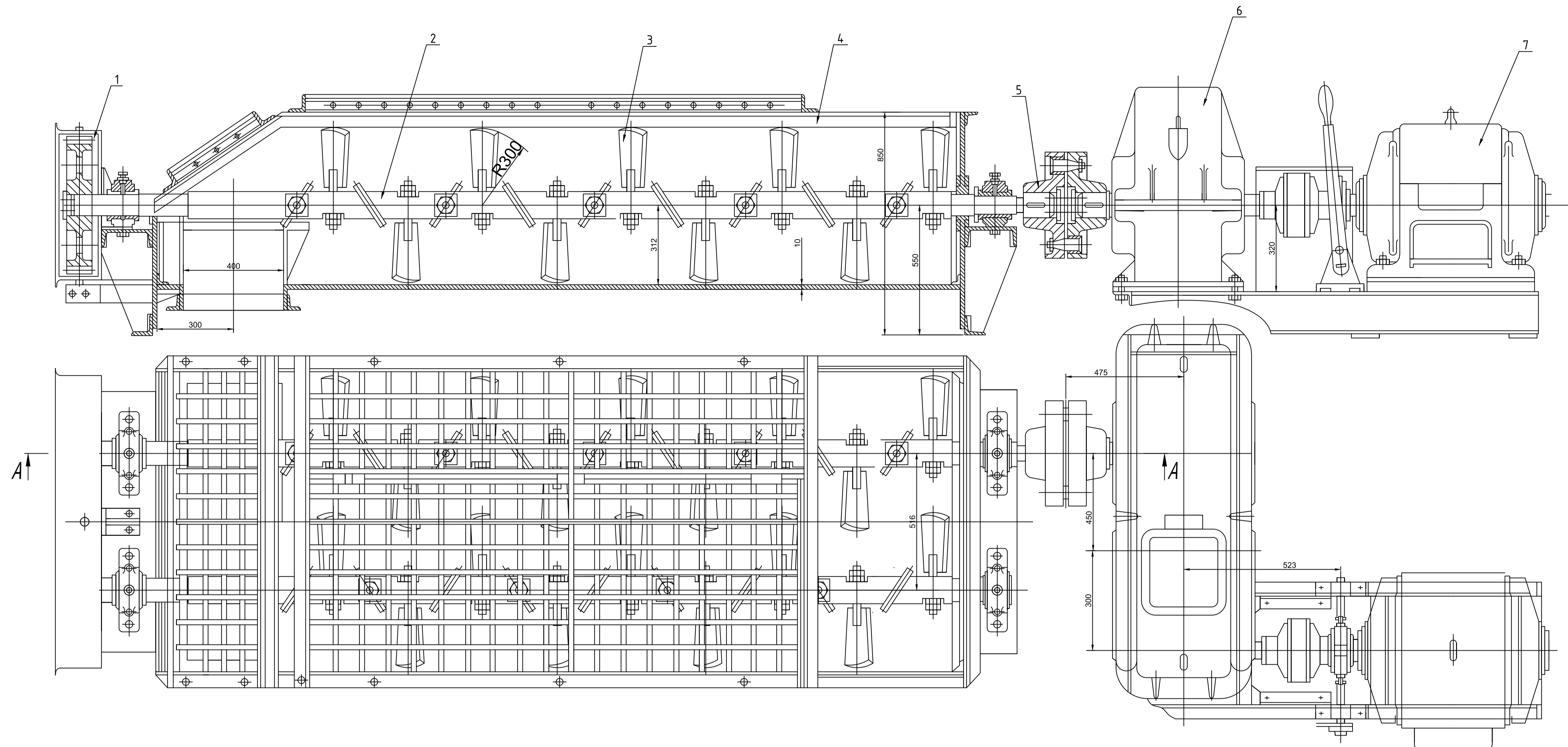
Барaban приводной
(1:10)



Формат Зона Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		<u>Документация</u>		
A1	ВКР-270800.62.00.04-2017 0В	Общий вид		
		<u>Сборочные единицы</u>		
1	ВКР 270800.62.00.04-10	Лента 2Т2 400-4-ТК-100-5-2 ГОСТ 20-1985	1	В=400
2	ВКР 270800.62.00.04-20	Барaban приводной 12063-100	1	Д=600
3	ВКР 270800.62.00.04-30	Барaban не приводной 12063-80	1	Д=480
4	ВКР 270800.62.00.04-40	Устройство винтовое натяжное 12080-100-50	1	Д=200
5	ВКР 270800.62.00.04-50	Роликоопоры верхняя и нижняя прямые П120-0	1	Д=102
		<u>Стандартные изделия</u>		
6	ВКР 270800.62.00.04-60	Электродвигатель 4МТМ225L8	1	N=37
7	ВКР 270800.62.00.04-70	Редуктор ПЦ2У-160	1	i=16
8	ВКР 270800.62.00.04-80	Муфта-тормоз МУВП-1	1	Mf=6,3

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Разраб.	Гинжо Я.П.					ВКР-270800.62.00.04-2017 0В		
Руковод.	Щебченко В.А.					Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт		
Заб.каф.	Измальев Г.В.					Горизонтальный ленточный конвейер П-4 №7/4		
Н.контр.	Щебченко В.А.					Стандия	Лист	Листов
						У	8	10
						Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики		
						СБ 13-41		

Смеситель двухвальный БП-2Г-375



Технические характеристики

Производительность, м ³ /ч	18
Частота вращения рабочих валов, об/мин	42
Длина корыта в свету, м	3
Ширина корыта, м	1,4
Наружный диаметр лопастей, мм	600
Шаг лопастей, мм	560
Зазор между лопастями и внутренней поверхностью корыта, мм, не более	12
Мощность привода электродвигателя, кВт	30
Габаритные размеры, мм	
длина	5500
ширина	1800
высота	1950
Масса, кг	3500

Формат	Этап	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.					
							Документация							
A1						ВКР-270800.62.00.04-2017.0В	Общий вид							
							Сборочные единицы							
						1 ВКР 270800.62.00.04-10	Узел подшипников	4						
						2 ВКР 270800.62.00.04-20	Вал	2						
						3 ВКР 270800.62.00.04-30	Лопасть	22						
						4 ВКР 270800.62.00.04-40	Корпус	1						
							Стандартные изделия							
						5 ВКР 270800.62.00.04-50	Муфта-тормоз	1						
						6 ВКР 270800.62.00.04-60	Редуктор	1						
						7 ВКР 270800.62.00.04-70	Электродвигатель	1	МТ=30					
						ВКР-270800.62.00.04-2017.0В								
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт								
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Смеситель двухвальный БП-2Г-375			Стандия	Лист	Листов			
Разраб.									У	9	10			
Руковод.									Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики			СБ 13-41		
Заб.каф.														
Н.контр.														

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология изготовления мелкоштучных стеновых камней из отходов теплоэнергетики» содержит 82 страницы текстового документа, 30 использованных источников, 10 листов графического материала, 10 рисунков и 13 таблиц.

ЗОЛА-УНОС, ЗОЛОШЛАКОВАЯ СМЕСЬ, МИКРОКРЕМНЕЗЕМ, БЕСЦЕМЕНТНОЕ ВЯЖУЩЕЕ, ЗОЛОШЛАКОБЕТОН, СТЕНОВЫЕ КАМНИ.

Актуальность темы состоит в том, что Красноярский край является регионом с развитой отраслью топливно-энергетической промышленности, основная производственная деятельность которой сопровождается выбросом значительного объема отходов, являющихся потенциальным сырьем для получения местного стенового материала в виде мелкоштучных камней

Цель бакалаврской работы: разработать составы золошлакобетона и технологию изготовления мелкоштучных стеновых камней на основе отходов топливно-энергетической промышленности.

В первой главе рассмотрены характеристики отдельных видов бетона для изготовления строительных блоков, характеристика топливных отходов и существующие технологии изготовления мелкоштучных стеновых камней.

Во второй главе рассматриваются свойства сырьевых материалов для изготовления мелкоштучных блоков и их влияние на свойства, разработан состав бесцементного вяжущего и состав золошлакобетона.

В третьей главе для разработанного состава предложена технология изготовления мелкоштучных стеновых камней.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Технико-экономическое обоснование.....	10
1.1 Сравнительная характеристика отдельных видов бетонов для изготовления строительных блоков.....	10
1.2 Характеристика топливных отходов Красноярского края.....	18
1.2.1 Зола-унос.....	20
1.2.2 Шлак.....	24
1.2.3 Золошлаковая смесь.....	25
1.3 Существующие технологии изготовления мелкоштучных камней.....	27
2 Экспериментальная часть.....	30
2.1 Применяемые материалы и методики исследования.....	30
2.1.1 Применяемые материалы.....	30
2.1.2 Методики исследования.....	32
2.1.2.1 Методика испытаний золы.....	32
2.1.2.2 Методика испытаний золошлаковой смеси.....	34
2.1.2.3 Методика расчета состава мелкозернистого золошлакобетона.....	34
2.2 Исследование свойств сырьевых материалов.....	35
2.2.1 Свойства золы-унос.....	35
2.2.2 Свойства золошлаковой смеси.....	37
2.3 Разработка составов бесцементного вяжущего на основе золы.....	38
2.4 Разработка состава золошлакобетона.....	41
3 Технологическая часть.....	42
3.1 Технологическая схема изготовления мелкоштучных камней.....	42

3.1.1 Приготовление золошлакобетонной смеси.....	43
3.1.2 Формование мелкоштучных стеновых камней.....	44
3.1.3 Тепловая обработка изделий.....	45
3.1.4 Контроль качества продукции.....	46
3.1.5 Упаковка и отгрузка готовых изделий.....	47
3.2 Выбор технологического оборудования.....	48
3.2.1 Склады сырьевых материалов.....	48
3.2.1.1 Склад золы.....	49
3.2.1.2 Склад золошлаковой смеси.....	51
3.2.2 Дозаторы непрерывного действия.....	52
3.2.2.1 Весовой дозатор золы.....	52
3.2.2.2 Весовой дозатор золошлаковой смеси.....	54
3.2.2.3 Объемный дозатор воды.....	56
3.2.3 Винтовой конвейер.....	57
3.2.4 Ленточный конвейер.....	60
3.2.5 Двухвальный смеситель непрерывного действия.....	65
3.2.6 Вибропресс.....	68
3.2.7 Пропарочная камера.....	70
3.3 Ведомость оборудования.....	72
4 Экология.....	73
5 Обеспечение безопасности при производстве.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	80

ВВЕДЕНИЕ

Быстрый рост и развитие строительной индустрии в России вызывает растущий спрос на строительные материалы, без которых не обходится ни одно современное строительное производство. А увеличение роста малоэтажного и частного строительства обуславливает повышение спроса на мелкоштучные стеновые изделия.

Решение этой актуальной проблемы предполагает разработку эффективных безотходных технологий за счет комплексного использования сырья, что одновременно приводит и к ликвидации огромного экологического ущерба, оказываемого «кладбищами» отходов. Само понятие «отходы производства и потребления» для многих материальных продуктов становится условным. Они превращаются в ценное, порой даже дефицитное сырье.

Развитие производства строительных материалов вызывает стремительное вовлечение в хозяйственный оборот все большего количества природных ресурсов, большинство из которых являются невозполнимыми. Ежегодно человечество использует приблизительно 10 млрд. т. минеральных и почти столько же органических сырьевых продуктов. Разработка большинства важнейших полезных ископаемых в мире идет быстрее, чем наращиваются их разведанные запасы. Около 70% затрат в промышленности приходится на сырье, материалы, топливо и энергию. В то же время 10 – 99% исходного сырья превращаются в отходы, сбрасываемые в атмосферу и водоемы, загрязняющие землю. В угольной промышленности, например, ежегодно образуется примерно 1,3 млрд. т. вскрышных и шахтных пород и около 80 млн. т. отходов углеобогащения. Ежегодно выход шлаков черной металлургии составляет около 80 млн. т., цветной – 2,5, зол и шлаков ТЭС – 60 – 70 млн. т., древесных отходов – около 40 млн. м³. Рациональное решение проблемы промышленных отходов зависит от ряда факторов: вещественного

состава отходов, их агрегатного состояния, количества, технологических особенностей и т.д.

Использование промышленных отходов обеспечивает производство дешевого и часто уже подготовленного сырья; приводит к экономии капитальных вложений, предназначенных для строительства предприятий, добывающих и перерабатывающих сырье, и повышению уровня рентабельности; высвобождению значительных площадей земельных угодий и снижению степени загрязнения окружающей среды. Повышение уровня использования промышленных отходов является важнейшей задачей государственного значения.

Одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов – их использование в производстве строительных материалов, что позволяет до 40% удовлетворить потребности в сырье, этой важнейшей отрасли промышленности. Применение отходов промышленности позволяет на 10-30% снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений при этом составляет 30-35%.

На основе применения отходов промышленности возможно развитие производства не только традиционных, но и новых эффективных строительных материалов. Новые материалы обладают комплексом улучшенных технических свойств и в то же время характеризуются наименьшей ресурсоемкостью как в процессе производства, так и при применении. Утилизируется лишь около 15% объема золошлаковых отходов энергетической промышленности, которые наряду с металлургическими шлаками можно отнести к наиболее значительным сырьевым ресурсам для промышленности строительных материалов.

В Красноярском крае практически неисчерпаемым источником сырьевых ресурсов для производства целого ряда строительных материалов являются отходы тепло- энергетике, образующиеся при сжигании бурых углей Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса – сухая зола-

унос и золошлаковая смесь. Ценным свойством сухой золы-унос является ее гидравлическая активность, сопоставимая с активностью низкомарочного вяжущего, что предопределяет ее потенциальную пригодность для некоторых видов бетонов и растворов и изделий из них. Одним из таких видов бетонов является бесцементный и малоцементный золошлакобетон и изделия на его основе, в частности – мелкоштучные стеновые блоки. Потребность в таком стеновом материале в последнее время достаточно стабильна и постоянно увеличивается с расширением объемов малоэтажного индивидуального строительства доступного класса. С этой точки зрения были проведены исследования по изучению возможности использования золы-унос и золошлаковой смеси Красноярских ТЭЦ в технологии изготовления мелкоштучных стеновых камней (блоков), соответствующих требованиям ГОСТ 6133.

Цель: Разработать составы золошлакобетона и технологию изготовления мелкоштучных стеновых камней на основе отходов топливно-энергетической промышленности.

1 Техничко - экономическое обоснование

Каждый стеновой материал обладает множеством преимуществ и недостатков, за счет чего к его выбору всегда необходимо подходить взвешенно и ответственно. В первую очередь на выбор должны влиять такие факторы, как область применения, рельеф местности, где будет располагаться постройка, погодные условия, при которых будет эксплуатироваться материал, и многое другое.

На сегодняшний день в строительстве домов широко применяют строительные блоки. Изначально этот строительный материал использовался только в качестве замены кирпича. Однако теперь сфера использования их значительно увеличилась. Это объясняется тем, что появляются новые виды строительных блоков, с которыми легко работать. Их можно резать на любые нужные формы или сделать прорезы для электропроводки. Изделия бывают разных размеров - от самых мелких до более крупных. Это является их основным преимуществом перед кирпичом. Блоки значительно больше, что обуславливает более быстрый процесс строительных работ. Кроме того, они обладают высоким уровнем морозоустойчивости, прочности и огнеупорности, отличаются хорошим теплообменом и простотой в установке.

Главной составляющей блока является бетон, который и определяет разновидность блока. В настоящее время среди блочных строительных материалов наибольшей популярностью пользуются арболитовые блоки, керамзитобетонные блоки, газосиликатные и пенобетонные блоки, золошлакобетонные блоки.

1.1 Сравнительная характеристика отдельных видов бетонов для изготовления строительных блоков

Пустотелые блоки и камни изготавливают практически из любого бетона, в том числе традиционного тяжелого.

Арболитовые блоки

В состав этого строительного материала входит портландцемент, который после застывания обладает высокой прочностью и устойчивостью к разнообразным климатическим воздействиям. Также в процессе производства в массу добавляют сульфатный цемент, который только улучшает качественные показатели арболитовых блоков. Кроме этих основных материалов применяют специальные связующие элементы и целлюлозное сырье, минеральные ферменты и химические добавки.

Экологичность арболита обеспечивается наличием в его составе стружки, опилок и прочего подобного сырья. Блоки не подвергаются воздействию огня и высоких температур, то есть строение будет полностью защищенным от пожара. Также на материал не воздействуют природные явления. Масса арболитовых блоков меньше массы кирпича. Это дает возможность сэкономить на сооружении фундамента, так как все строение будет довольно легким и не создаст дополнительной нагрузки на грунт. Благодаря сырью, которое используется при их изготовлении, блоки способны выдерживать довольно большие механические и физические нагрузки. Имеют арболитовые блоки недостатки, но в небольшом количестве. Основной минус такого материала заключается в его высокой водопроницаемости. Влага может свободно проникать в пористую структуру блоков и разрушать ее. Чтобы такого не происходило, специалисты рекомендуют сделать внутреннюю и внешнюю отделку стен из арболита в кратчайшие сроки. Особенно важно это учесть при строительстве во влажных климатических условиях [1].

Пенобетонные блоки

Основой для пенобетона служит стандартный цементно-песчаный раствор с добавлением пенообразователя. Раствор вспенивают с помощью вспенивателя, в роли которого выступает сжатый воздух.

Материал отличается долговечностью, он не подвержен гниению, не стареет и обладает фактически той же прочностью, что и камень. Блоки из

пенобетона поглощают звук, обеспечивая хорошую звукоизоляцию, пенобетон отличается высокой степенью пожаростойкости. Благодаря весу готовых блоков их достаточно легко транспортировать и монтировать.

Тем не менее, пенобетону свойственны при этом и серьезные недостатки. Высокая пористость материала способствует значительному влагопоглощению, слабая механическая прочность нередко приводит к появлению сколов или других дефектов поверхности, материалу свойственен длительный срок набирания конечной прочности. Пенобетонные блоки требуют дополнительной наружной отделки по причине их невысокой декоративности, готовая конструкция не отличается высокой механической прочностью, поэтому блоки целесообразнее применять для постройки зданий и надстроек малой этажности [3].

Газобетонные блоки

Газобетон представляет собой ячеистые блоки автоклавного твердения. Сырьём для их изготовления служит кварцевый песок, известь, цемент, вода, алюминиевая пудра. Все компоненты перемешивают и направляют в автоклав, где под давлением происходит их вспенивание (при вступлении в реакцию высокодисперсного алюминия со щелочным раствором) и образуется пористая структура.

Несмотря на свою лёгкость, материал обладает максимально возможной прочностью. Лёгкая обработка газобетона является неоспоримым преимуществом. Его без особых усилий режут и пилят простыми ручными инструментами. Газобетонные блоки обладают низкой теплопроводностью. Это позволяет стенам обеспечивать надёжную тепловую защиту в зимнее время. Летом здание из газобетонных блоков не перегревается. Газобетонные блоки являются негорючим материалом наивысшего класса огнестойкости. Радиоактивность газобетонных блоков значительно ниже всех допустимых норм. В процессе эксплуатации газобетон не образует токсичных компонентов. По экологическим характеристикам он не уступает натуральным материалам [1].

Недостатками газобетонных блоков являются:

а) газобетон является хрупким материалом. Прочность газобетонных стен напрямую зависит от правильного устройства фундамента. Следует возводить фундамент, который даёт минимальную усадку;

б) высокое водопоглощение газобетона. Для снижения водопоглощаемости газобетонных стен, их обрабатывают глубоко проникающими грунтовками;

в) газоблоки являются слабой основой для крепежа. Закреплять в газобетонных стенах массивные предметы довольно проблематично.

Керамзитобетонные блоки

Керамзитобетонные блоки представляют собой стандартные строительные блочные элементы правильной формы, формируемые из бетона легкого типа с заполнителем из керамзита. Наиболее распространен состав из цемента, песка, керамзита и воды. В качестве связующего вещества используется портландцемент не ниже М400 без пластифицирующих добавок. В некоторых марках используется гидрофобный цемент, что повышает водостойкость материала.

Керамзитобетонные блоки имеют ряд несомненных преимуществ, по сравнению с другими стройматериалами, в т.ч. бетонами. Прежде всего, это легкость. Пористая структура заполнителя значительно облегчает массу конструкций и сооружений. Материал обладает высокой звукоизоляцией, которая превосходит другие пористые бетоны. Керамзитобетонные блоки имеют еще и повышенную стойкость к воздействию агрессивных химических веществ. Но такие блоки все же имеют определенные недостатки: по сравнению с другими пористыми бетонами, имеют несколько сниженные морозостойкость и прочность на сжатие. Конструкции из керамзитобетона имеют более заметную хрупкость, по сравнению с традиционными бетонными составами. Это несколько сокращает возможные сферы применения материала.

Золошлакобетонные блоки

В золошлакобетоне обычные заполнители (щебень и песок) полностью заменяют ЗШС, содержащей мелкодисперсные золы, мелкие и крупные фракции шлака. Дополнительными компонентами в зольном вяжущем являются микрокремнезем и минерализованные стоки, которые в результате совместной реакции с золой способны образовывать плотные и прочные золо-кремнеземистые композиции. По физико-механическим характеристикам золошлаковые бетоны практически не уступают обычному тяжелому бетону. Средняя плотность таких бетонов на 10-15 % ниже, чем у тяжелых бетонов, а прочностные показатели несколько выше. Твердение таких бетонов наиболее интенсивно протекает в водной среде [2].

Эффективность применения золошлаковых отходов ТЭС при производстве строительных материалов заключается в уменьшении расхода сырьевых материалов, топливно-энергетических ресурсов, сокращения технологического цикла производства изделий, улучшения их свойств. Помимо этого существенная экономия достигается в результате ликвидации золошлаковых отвалов, под которые отводятся земли, изъятые из других секторов народного хозяйства и которые требуют значительных материальных затрат на устройство и обслуживание. Таким образом, использование зол и шлаков ТЭС дает возможность производить новые эффективные виды строительных материалов с улучшенными строительно-техническими свойствами, позволяя резко уменьшить капитальные и текущие затраты на сооружение новых и содержание действующих золоотвалов и в конечном счете существенно снизить себестоимость получаемой электроэнергии [13].

В настоящее время установлено, что бетоны с добавкой золы могут применяться также как и бетоны без добавок. Эффективно использовать золу в бетонах, подвергаемых действию пара при атмосферном или повышенном давлении, а также при изготовлении плоских крупных элементов (панелей стен, перекрытий и др.) в кассетных установках.

Введение золы ТЭС в бетоны и растворы сказывается прежде всего на изменении водопотребности и подвижности бетонных и растворных смесей. Подвижность смесей возрастает благодаря уменьшению внутреннего трения, причем, чем дисперснее зола, а следовательно, чем больше в ней остеклованных шарообразных частиц, тем больше пластифицирующее действие. Этот факт можно объяснить тем, что частички золы, обладая достаточно большой водопотребностью, в процессе вибрирования частично отдают воду, которая образует вокруг них тонкую оболочку, выполняющую роль смазки [17].

На рисунке 1 представлена технологическая схема утилизации зол и шлаков ТЭЦ при сжигании углей КАТЭК.

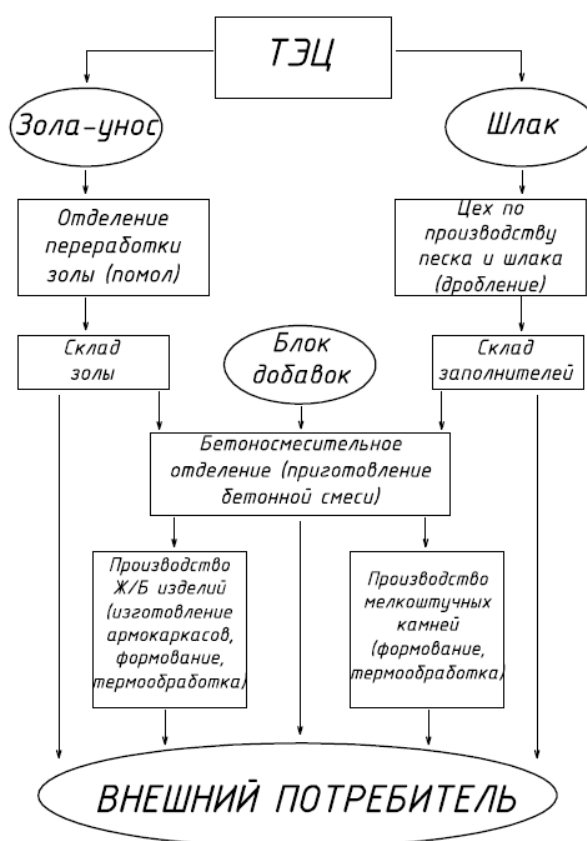


Рисунок 1 - Технологическая схема утилизации зол и шлаков ТЭЦ при сжигании углей КАТЭК

По данным С. И. Павленко [22] на основе золошлаковых отходов и бесцементного вяжущего можно получить бетоны с физико-механическими и деформативными характеристиками, представленными в таблице 1.

Таблица 1 - Основные физико-механические и деформативные характеристики бесцементного бетона за 5 лет

Характеристики бетона	Периоды испытаний, дни						
	1	28	365	730	1095	1460	1825
Прочность на сжатие, МПа	10,80	15,20	18,00	19,80	20,96	22,08	23,30
Призменная прочность, МПа	8,10	11,96	15,07	16,63	17,61	18,55	18,96
Отношение призменной прочности к кубиковой	0,75	0,78	0,83	0,84	0,84	0,84	0,85
Модуль упругости, МПа	9,50	12,10	17,60	17,72	17,96	18,03	18,64
Сжимаемость, мм/м	0,85	0,87	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07
Растяжимость, мм/м	0,09	0,12	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18
Относительная усадка, мм/м	0,03	0,30	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66
Относительная ползучесть, мм/м	-	-	0,80	0,94	0,94	0,94	0,94

Анализ данных таблицы 1 показывает, что бесцементный мелкозернистый золошлакобетон в течение 5 лет наращивает прочность на сжатие на 53% и призменную прочность на 58%.

В строительной индустрии принято подразделять золошлаковые блоки в зависимости от степени пустоты внутреннего объема на полнотелые и пустотелые. Воздух может занимать до 40% размера камня. Из полнотелых камней формируются фундамент, опорные конструкции. Пустотелые камни различаются количеством и размерами внутренних пустот. С помощью образования пустот можно в разы уменьшить их вес. Блоки в свою очередь обладают прекрасными звуко- и теплоизоляционными характеристиками. Помимо этого, наличие пустот позволяет существенно сократить расход исходного сырья, используемого для производства этого стройматериала, что в свою очередь уменьшает себестоимость продукции. Стоит отметить, что все прочностные характеристики остаются на прежнем высоком уровне. Отверстия в теле камня создаются сквозными и глухими. Последние

позволяют экономить кладочный раствор. Круглые и овальные воздушные полости создают дополнительную прочность.

Золошлакобетонные блоки должны соответствовать требованиям ГОСТ 6133-99 «Камни бетонные стеновые. Технические условия».

Предельные отклонения номинальных размеров и формы камней не должны превышать значений, приведенных в таблице 2.

Таблица 2- Предельные отклонения номинальных размеров и формы камней

Наименование показателя	Значение, мм
Длина и ширина	±3
Высота	±4
Толщина стенок и перегородок	+3
Отклонение ребер от прямолинейности и граней от плоскостности, не более	3
Отклонение боковых и торцевых граней от перпендикулярности, не более	2

Масса камня должна быть не более 31 кг. Толщина вертикальной диафрагмы (перегородок) должна быть не менее 20 мм, горизонтальной - не менее 10 мм. Нормируемая прочность камня в проектном возрасте должна соответствовать установленной в таблице 3 для конкретной марки камня.

Таблица 3 - Нормируемая прочность камня в проектном возрасте

Марка камня по прочности	Предел прочности при сжатии, МПа (кгс/см ²), не менее	
	средний для трех камней	наименьший для одного из трех камней
300	30,0 (300)	25,0 (250)
250	25,0 (250)	20,0 (200)
200	20,0 (200)	15,0 (150)
150	15,0 (150)	12,5 (125)
125	12,5 (125)	10,0 (100)
100	10,0 (100)	7,5 (75)
75	7,5 (75)	5,0 (50)
50	5,0 (50)	3,5 (35)
35	3,5 (35)	2,8 (28)
25	2,5 (25)	2,0 (20)

Плотность для полнотелых шлакоблоков должна быть не более 2200 кг/м³. Для пустотелых этот показатель составляет 1650 кг/м³. По морозостойкости камни подразделяют на марки: F200, F150, F100, F50, F35, F25, F15[10].

Для своего производства мы выбираем мелкоштучные стеновые камни с несквозными вертикальными пустотами, представленные на рисунке 2. Номинальный размер изготавливаемых блоков 390×190×188 мм. В качестве сырьевых материалов будут использованы золошлаковые отходы Красноярских ТЭЦ.

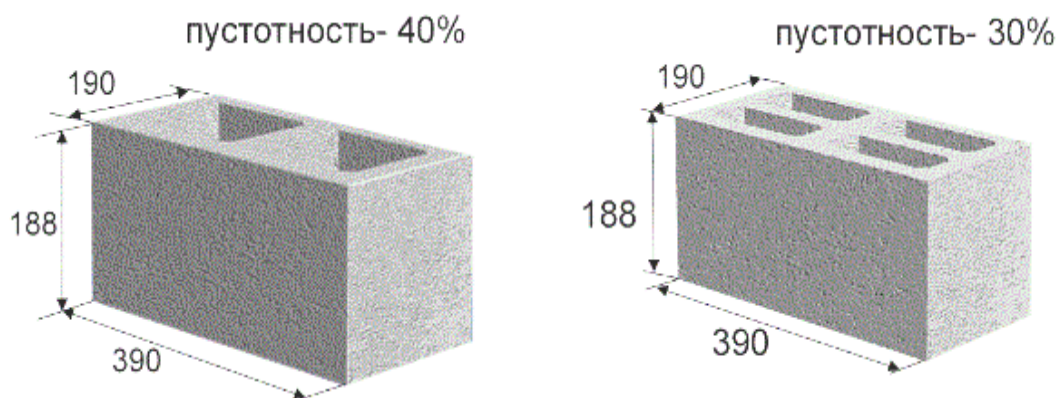


Рисунок 2 - Мелкоштучные стеновые камни с несквозными вертикальными пустотами

1.2 Характеристика топливных отходов Красноярского края

На обследованных ТЭЦ сжигание углей происходит при температуре 1100-1600°С. При сгорании органической части углей образуются летучие соединения в виде дыма и пара, а негорючая минеральная часть топлива выделяется в виде твердых очаговых остатков, образуя пылевидную массу (зола), а также кусковые шлаки. Уголь перед сжиганием измельчается и в него, для лучшего сгорания, часто добавляют в небольшом (0,1-2%) количестве мазут. При сгорании измельченного топлива мелкие и легкие частицы золы уносятся дымовыми газами, и они носят название золы уноса.

Более тяжелые частицы золы оседают на подтопки и сплавляются в кусковые шлаки, представляющие собой агрегированные и сплавившиеся частицы золы размером от 0,15 до 30 мм. Шлаки размельчаются и удаляются водой. Зола уноса и размельченный шлак удаляются вначале отдельно, потом смешиваются, образуя золошлаковую смесь [21].

Важным этапом на пути использования зольного и шлакового сырья является его классификация, в основу которой положены наиболее характерные критерии качества материала:

- модуль основности (гидравлический модуль) - M_0 ;
- коэффициент качества (гидравлическая активность) - K .

Модуль основности (гидравлический модуль) представляет собой отношение содержания основных оксидов к сумме кислотных оксидов. При $M_0 > 1$ золошлаки - основные и обладают вяжущими свойствами; при $M_0 < 1$ золошлаки - кислые, могут служить гидравлической добавкой. Для учета влияния щелочных компонентов в формулу модуля основности включены оксиды натрия и калия.

Гидравлическая активность оценивается коэффициентом качества.
$$K = (\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2)$$
В числителе стоят оксиды, повышающие гидравлическую активность, в знаменателе - снижающие ее. Следовательно, чем выше коэффициент качества, тем выше гидравлическая активность золошлака.

На основании исследований золошлаковых отходов многих электро- и теплостанций, сжигающих топливо различных месторождений, все золошлаки в зависимости от состава были поделены на три группы: активные, скрытоактивные, инертные.

Активные золошлаковые материалы характеризуются общим содержанием оксида кальция в пределах 20- 60 % и свободного оксида кальция до 30 %. Золошлаковые материалы указанных топлив обладают свойством самостоятельного твердения. Такие золошлаки могут применяться для возведения дамб золошлакоотвалов без специальных мероприятий

(введение вяжущих веществ), а также для производства изделий на их основе, преимущественно автоклавного твердения.

Скрытноактивные золошлаковые материалы содержат 5-20% оксида кальция. Свободный оксид кальция не превышает 2 %, а модуль основности - не более 0,5. Основное направление использования золошлаков этой группы - производство изделий, твердеющих при тепловой обработке с активизаторами.

Инертные золошлаковые материалы характеризуются высоким содержанием оксидов кремния и алюминия и низким содержанием оксидов кальция и магния. Свободного оксида кальция, являющегося активизатором процесса твердения, в некоторых золошлаках данной группы может не быть совсем, а максимальное его содержание не превышает 1 %. В связи с этим основным направлением использования золошлаковых материалов третьей группы являются дорожное строительство, производство кирпича, зольного гравия [23].

По форме золошлаки представляют собой микроскопические сферические частицы оплавленных под воздействием высоких температур минералов, в основном кварца, и частицами неправильной формы (остальной материал).

1.2.1 Зола-унос

Зола-унос представляет собой тонкодисперсный материал, состоящий в основном из частиц размером 5-100 мкм. Ее химико-минералогический состав соответствует составу минеральной части сжигаемого топлива. Например, при сгорании каменного угля зола представляет собой обожженное глинистое вещество с включением дисперсных частиц кварцевого песка, при сгорании сланцев - мергели с примесями гипса и песка.

Основным компонентом золы-уноса является стекловидная алюмосиликатная фаза, составляющая 40-65% всей массы и имеющая вид частиц шарообразной формы размером до 100 мкм.

Определенной гидравлической активностью в золах, наряду со стекловидной фазой, обладает дегидратированное и аморфизированное глинистое вещество. Активность зависит от минералогического состава глин, входящих в минеральную часть топлива, и повышается при тепловой обработке. С повышением в золе содержания аморфизированного глинистого вещества увеличивается ее водопотребность [27].

Если минеральная часть топлива содержит значительное количество карбонатов, то в золе образуются низкоосновные силикаты и ферриты кальция, способные взаимодействовать с водой.

В небольшом количестве в золах входят следующие примеси: свободные оксиды кальция и магния, сульфаты, сульфиды и др.

В золах, как правило, содержится углерод в виде различных модификаций коксовых остатков. Содержание их зависит от вида сжигаемого топлива: для бурых углей и горючих сланцев оно составляет менее 4%, каменных углей - 3-12, антрацита - 15-25%. Содержание несгоревших частиц в тонкодисперсных фракциях золы меньше, чем в грубодисперсных [13].

Гидравлическая активность является наиболее важным свойством зол и шлаков ТЭС, обуславливающим возможность их применения в составе вяжущих веществ и бетонов. Способностью к непосредственному взаимодействию с водой топливные золы и шлаки, как правило, не обладают. В то же время аморфные компоненты зол и шлаков обладают так называемой пуццолановой активностью, т.е. способностью при обычных температурах связывать гидроксид Са с образованием нерастворимых соединений. Это характерно и для вулканических горных пород - пуццоланов, которые и дали название данному явлению. Накопление нерастворимых новообразований дает возможность гидравлического (сначала на воздухе, а затем и в воде)

твердения вяжущих из смесей извести или портландцемента с золой или шлаком.

В зависимости от вида сжигаемого угля золы делятся на кислые и основные. При сжигании антрацитовых и каменных углей образуются кислые золы. В минеральной части этих углей преобладают кремнистые породы как наиболее старые и стойкие, поэтому в составе золы преимущественно содержится оксид кремния. Кислые золы содержат большое кол-во кремнезема, частиц несгоревшего топлива и малое кол-во оксида кальция, они не обладают самостоятельными вяжущими свойствами, но при взаимодействии с цементом и известью начинают их проявлять [13].

Для бурых углей сопутствующей горной породой в минеральной части является известняк, поэтому при их сжигании образуется зола, в составе которой преобладает оксид кальция, характеризующийся гидравлической активностью. Такие золы относятся к основным.

По содержанию CaO основные золы делятся на 3 вида:

а) Среднекальциевые золы, содержащие 20-30% $\text{CaO}_{\text{общ}}$ и до 3% $\text{CaO}_{\text{своб}}$. Обладают пуццолановыми свойствами, иногда гидравлической активностью и могут применяться для производства строительных растворов марок 10 – 20, автоклавных изделий, смешанных вяжущих материалов (добавка к золе 5 – 20% извести, гипса и т.п.), в качестве гидравлически активных добавок к цементу, а также как сырье для цементной промышленности.

б) Высококальциевые золы, содержащие 30-45% $\text{CaO}_{\text{общ}}$ и до 9% $\text{CaO}_{\text{своб}}$, представляют собой наиболее ценный самостоятельный зольный вяжущий мат-л для производства строительных растворов марок 50 – 100, различных золобетонов для дорожного, малоэтажного строительства. Высококальциевые золы, добавляемые к цементу в количестве 30%, не снижают марку; повышают пластичность и морозостойкость изделий на смешанном вяжущем.

в) Ультравысококальциевые золы, в состав которых входят более 45% $\text{CaO}_{\text{общ}}$ и свыше 10% $\text{CaO}_{\text{своб}}$. Могут применяться как вяжущий материал для автоклавных изделий при затворении 3%-м раствором HCl . Наиболее целесообразно использовать их в качестве известково-силикатного компонента для производства цемента из двухкомпонентной сырьевой шихты. В связи с наличием свободной извести, находящейся в стадии пережога в виде оплавленных частиц, зольное вяжущее требует специальной технологической обработки до применения его в качестве вяжущего вещества (помола или предварительного гашения) с целью устранения возникающих объемных деформаций в процессе твердения золы.

В Красноярском крае практически неисчерпаемым источником поступления топливных отходов является зола, получаемые от сжигания бурого угля Канско-Ачинского угольного бассейна. Эти золы выгодно отличаются от других тем, что являются высококальциевыми, гидравлически активными и могут применяться как самостоятельное вяжущее.

Существуют три основных направления утилизации зол в строительстве: использование вяжущих свойств золы; применение зол в ячеистых бетонах; развитие производства пористых заполнителей и легких бетонов различного назначения.

Использование пылевидных зол в легких бетонах не только целесообразно технически, но и выгодно экономически. По зерновому составу зола близка к портландцементу. Для использования в строительстве золу не требуется измельчать. Энергетическая промышленность дает ее в готовом виде для производства ячеистых бетонов, автоклавных изделий и в качестве добавок к различным видам цемента. Положительные особенности золы не всегда удается полностью использовать. Объясняется это, прежде всего большой изменчивостью некоторых ее показателей, например гранулометрического состава, количества окислов, количества окислов, смешанного вяжущего [27].

Зола может применяться в цементных, цементно-известковых и известковых составах в качестве активной минеральной добавки, пластификатора и микронаполнителя, улучшающего пластичность, водоудерживающую способность и прочность растворов. Особенно эффективно использовать высококальциевые золы. Оптимальный расход золы в растворах 50-120% от массы цемента, что составляет 100-200кг [12].

В качестве дополнительного технологического приёма при использовании золы-унос требуется обеспечить герметичность оборудования из-за летучести золы.

В нашей работе зола-унос, получаемая от сжигания бурых углей КАТЭКа и обладающая гидравлической активностью, будет использована в качестве вяжущего.

1.2.2 Шлак

Кроме дисперсной золы на ТЭЦ в виде отходов от сжигания углей образуются и шлаки. Их содержание на различных ТЭЦ колеблется в пределах 5-17 % от всей массы золошлаковых отходов. В зависимости от устройства топок, шлаки получают пористыми (сухое шлакоудаление) и плотными. Выход пористых шлаков на ТЭЦ составляет 20 % и плотных 80 %. Слабоспекшиеся частицы в процессе гидроудаления разрушаются и образуют частично шлаковый песок в золошлаковой смеси (до 50 %).

Плотный шлак представляет собой расплав золы, удаляемый через топку в огненно-жидком состоянии. Далее он подвергается резкому охлаждению водой (грануляции) и распадается на отдельные гранулы неправильной формы с острыми гранями и размером зерен от 0 до 40 мм. При этом в шлаках создаются большие внутренние напряжения, которые со временем их разрушают на более мелкие (до 20 мм) [13].

В связи с интенсификацией процессов сжигания твердого топлива и переходом к использованию в тепловой энергетике многозольных видов

углей и сланцев перспективно применение топок с жидким шлакоудалением. Продуктами жидкого шлакоудаления из энергетических топок являются топливные гранулированные шлаки, образуемые в результате быстрого охлаждения водой минерального расплава.

Гранулированные шлаки представляют собой механическую смесь зерен размером 0,14-20 мм. Химический состав шлаков, как и зол, может изменяться в широком диапазоне - от сверхкислых ($M_0 < 0,1$) до основных ($M_0 > 1$). Многие топливные шлаки характеризуются значительным количеством (20% и более) оксидов железа, содержащихся преимущественно в закисной форме. Содержание стекловидной фазы составляет 85—98%, у основных шлаков оно может быть значительно ниже. В кристаллической фазе возможно наличие муллита, геленита, псевдоволластонита, двухкальциевого силиката и других минералов. Они колеблются в широких пределах не только на разных электростанциях, но даже на одной ТЭЦ в зависимости от времени года и места отбора [13].

1.2.3 Золошлаковая смесь

Золошлаковая смесь - продукт утилизации отходов ТЭЦ и ТЭС, утилизируемых гидравлическим способом. Она состоит из зерен шлака, отбираемых из шлакоприемников, и золы-унос, поступающей из золоуловителей. ЗШС используют как инертный материал в бетонах и растворах, изготавливаемые по обычной технологии, либо как кремнеземистый компонент.

Золошлаковую смесь можно использовать как непосредственно из отвала, так и получить смешиванием золы и шлака.

В сравнении с золой – унос, удаляемой сухим способом, ЗШС не имеют гидравлической активности, поэтому используются в качестве однокомпонентного заполнителя в мелкозернистых бетонах (без природного песка и крупного заполнителя), а также в различных бетонах в сочетании с

другими природными или искусственными заполнителями. В ряде случаев для получения наилучших свойств бетона состав золошлаковой смеси специально корректируют с целью достижения оптимального соотношения между зольной и шлаковой составляющей [20].

Основными достоинствами золошлаковой смеси как заполнителя бетонов являются:

- отсутствие глинистых, илистых и пылевидных примесей; органических веществ, сернистых и сернокислых соединений; игловатых и лещадных зерен;

- низкая водоудерживающая способность (не более 4-8%), благодаря чему шлаки не смерзаются зимой при транспортировке или хранении в отвалах электростанций и открытых складах заводов ЖБИ;

- гладкая поверхность, обеспечивающая хорошую текучесть, вследствие чего золошлаки не зависают в вагонах, бункерах и дозаторах. Благодаря активной поверхности осуществляется хорошее сцепление и химическое воздействие шлака с цементным вяжущим, повышающее прочность переходного слоя в 1,5-2раза по сравнению с природными заполнителями, поэтому прочность бетона значительно выше;

- устойчивость к железистому и силикатному распадам. Шлаки на 92-95% представлены частицами размером 0,1-5мм, поэтому при замене определенной части мелкозернистых песков шлаками улучшаются состав и структура бетона и снижается расход цемента;

- низкая стоимость. Отпускная стоимость золошлаковой смеси в 1,5-2раза ниже стоимости песка или щебня, добываемых заводами на своих карьерах [27].

В нашей работе золошлаковую смесь предполагается использовать в качестве заполнителя.

1.3 Существующие технологии изготовления мелкоштучных камней

Для изготовления стеновых изделий предусматривается применение метода полусухого вибропрессования или вибролитья.

Основа технологии производства блоков методом вибролитья заключается в том, что уплотнение бетонной смеси происходит в полипропиленовых формах на вибростолах, под действием высокочастотной вибрации, вызываемой электрическим двигателем, на валу которого закреплены эксцентрические кулачки. Такие устройства называются электромеханическими вибраторами.

Для улучшения эффекта растекания бетона по поверхности формы широко используются химические добавки, как зарубежных, так и отечественных производителей. Применение пластифицирующих добавок позволяет не только увеличить подвижность бетона без увеличения количества вводимой воды, но и улучшить прочностные и морозостойкие характеристики изделий. Особенно тщательно надо следить за водоцементным соотношением при затворении бетона: недостаточное количество воды не позволит цементу прореагировать, а также сильно снизит подвижность бетона, переизбыток воды крайне негативно скажется на прочностных характеристиках бетона после его затвердения.

Основное отличие технологии производства блоков методом вибролитья от других подобных технологий, является то, что время выдержки в формах залитой продукции сокращено до 18-24 часов, в то время как прочие технологии требуют выдержки не менее 48 часов.

Преимущества метода вибролитья:

а) Универсальность производства позволяет делать огромный ассортимент продукции на одном и том же оборудовании;

б) Уплотнение бетонной смеси на вибростолах позволяет свести к минимуму количество раковин в бетоне, увеличить его плотность, следовательно, марку и прочность;

в) При производства блока вибролитьем широко применяются различные комплексные химические добавки, позволяющие значительно улучшить показатели продукции при том же соотношении цемента и инертных веществ; Также наряду с перечисленными преимуществами блок, полученный по вибролитьевой технологии имеет значительные недостатки.

Недостатки метода вибролитья:

а) В связи с высоким водоцементным соотношением уменьшается окончательная морозостойкость изделия, её приходится увеличивать дополнительным количеством цемента, дорогими модификаторами и пластификаторами, что значительно увеличивает себестоимость блока.

б) Гладкая поверхность блока методом вибролитья не "дышит" в той мере, в какой необходимо для стеновых изделий.

в) Из - за высокого в/ц отношения снижается морозостойкость и прочностные характеристики блоков, что приводит к разрушению конструкции.

Стеновые изделия, произведенные методом объемного полусухого вибропрессования при невысокой стоимости имеет явные преимущества перед методом вибролитья.

Преимущества метода вибропрессования:

а) Подавляющее большинство стеновых блоков, выпускаемой на данный момент в большинстве стран мира, изготавливается именно по технологии вибропрессования из полусухих смесей.

б) Технология вибропрессования заключается в том, что вибрирование бетонной смеси в прессформе (пуансон-матрице) производится под давлением на вибропрессе. Метод высокопроизводителен, допускает высокую степень автоматизации.

в) При производстве блоков мало ручного труда, что обуславливает экономичность этого метода.

г) Бетон, используемый при вибропрессовании, имеет низкое водоцементное соотношение, что оптимизирует расход цемента и обеспечивает высокую прочность (М400-М500) и морозостойкость (марка по морозостойкости F 250- 300). Низкое водопоглощение, низкая истираемость предопределяет долговечность.

д) Изделия имеют строгую геометрию формы и параллельность поверхностей. Поверхность вибропрессованного блока можно шлифовать, полировать.

Недостатки метода вибропрессования:

а) При изготовлении лицевая поверхность блока не гладкая.

б) Бетонная смесь для производства стеновых камней используется в виде полусухих пескобетонных смесей.

На основе анализа существующих технологий изготовления мелкоштучных изделий из золошлакобетона была выбрана технология изготовления методом вибропрессования с использованием мобильной малогабаритной формовочной установки.

Внедрение разработанной технологии дает возможность решить ряд задач: расширить номенклатуру местных стеновых материалов для малоэтажного строительства; снизить материалоемкость при изготовлении строительных изделий массовых объемов; улучшить экологическую обстановку в регионе за счет эффективного использования промышленных отходов и снизить затраты на их утилизацию.

На основании проведенного технико-экономического обоснования в выпускной квалификационной работе в качестве объекта выбраны мелкоштучные стеновые блоки на основе топливных отходов, получаемых от сжигания бурых углей. Для их изготовления не предполагается использование цемента и природных заполнителей. Блоки производим методом полусухого вибропрессования.

Для достижения цели сформированы следующие задачи:

- изучить свойства сырьевых материалов;
- разработать состав бесцементного вяжущего на основе золы;
- разработать состав золошлакобетона;
- изучить свойства золошлакобетона;
- разработать технологию производства мелкоштучных блоков из золошлакобетона.

2 Экспериментальная часть

В данной главе представлена методика изучения свойств топливных отходов, изложены результаты проведенных испытаний, проведен анализ полученных данных. А так же, на основании полученных данных предложен состав золошлакобетона.

2.1 Применяемые материалы и методики исследования

2.1.1 Применяемые материалы

В качестве вяжущего используем золы Красноярских ТЭЦ.

Дополнительным компонентом в зольном вяжущем служит микрокремнезем. Он представляет собой активную минеральную добавку в виде ультрадисперстных отходов металлургического производства, связанного с выплавкой металлического кремния и его сплавов. Основные физические свойства микрокремнезема: средний размер частиц 0,1-0,3мкн; удельная поверхность 12-25м²/гр; насыпная плотность 0,15-0,25т/м³; истинная плотность 2,2-2,26гр/см³ [9].

Мы используем микрокремнезем-85. Его физико-химические показатели представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Физико- химические показатели микрокремнезема

Наименование показателей	Значение показателей МК-85
Содержание воды, в % по массе	3
Потери при прокаливании, % не более	3
Содержание, % по массе:	
SiO ₂ не менее	85
Na ₂ O, K ₂ O не более	2
CaO не более	3
SO ₃ не более	0,6
Cr ₂ O ₃ не более	-
Водопотребность, не менее	40

В качестве мелкого заполнителя используем золошлаковую смесь Красноярской ТЭЦ-2.

Для регулирования свойств применяем химические добавки: ПФМ-НЛК; Полипласт П-1; Реламикс ПК.

Добавка ПФМ-НЛК обеспечивает: увеличение подвижности бетонной смеси от П1 до П5 без снижения прочности во все сроки твердения, начиная с 3-х суток; увеличение водонепроницаемости бетона до марки W 12 без увеличения расхода цемента; увеличение водонепроницаемости бетона выше марки W 12 при увеличении расхода вяжущего; снижение количества воды затворения от 21 % и более; увеличение конечных прочностных характеристик бетона до 20%; снижение расхода вяжущего до 20 %; возможность получения бетонов повышенных марок по прочности и морозостойкости на материалах различного качества.

Добавка Полипласт П-1 позволяет достичь следующих показателей: увеличить подвижность бетонной смеси от П1 до П4 без снижения прочности бетона во все сроки нормального твердения; снизить количество воды затворения от 10% и более; увеличить конечные прочностные характеристики бетона на 15-20%; снизить расход вяжущего до 15 %; сократить время и энергетические затраты на вибрирование бетонной смеси. Дозировка добавки в количестве 0,5% от вяжущего.

Добавка Реламикс ПК позволяет достичь следующих показателей: увеличить подвижность бетонной смеси от П1 до П5 с одновременным повышением прочности бетона в первые трое суток нормального твердения на 10-15%, в возрасте 28 суток – на 5 %; снизить количество воды затворения от 21 % и более; увеличить конечные прочностные характеристики бетона на 20% и более; снизить расход вяжущего до 22 %; получить бетоны с повышенной водонепроницаемостью, морозостойкостью (в равноподвижных смесях); сократить время и энергетические затраты на тепло-влажностную обработку бетона; значительно сократить время и энергетические затраты на вибрирование бетонной смеси, а в некоторых случаях полностью отказаться от него.

2.1.2 Методики исследования

В исследованиях использованы методы определения характеристик материалов согласно действующим стандартам и требованиям Российской Федерации. Все испытания проводились на проверенном оборудовании кафедры Строительных материалов и технологий строительства.

2.1.2.1 Методика испытаний золы

Для исследования вяжущих свойств зольно-кремнеземистых композиций были использованы методики, приведенные в ГОСТ 30744-2001 "Цементы. Методы испытаний".

Дисперсность золы определяем как остаток на сите №008 в процентах от первоначальной массы просеиваемой пробы с точностью до 0,1%.

$D_1 = \frac{m_1}{m} \cdot 100$, где m_1 - масса остатка на сите, г; m - масса первоначальной пробы, г.

Плотность золы определяем с помощью прибора Ле-Шателье и вычисляем по формуле: $\rho = \frac{m}{V}$, где m - масса навески, г; V - объем вытесненной жидкости, м³.

Нормальную густоту зольного теста определяем на приборе Вика с пестиком. На этом же приборе, заменив пестик на иглу, определяем сроки схватывания.

Равномерность изменения объема вяжущего определяем на лепешках из теста нормальной густоты и оцениваем по ГОСТ 310.3-76.

Активность зольного камня определяем пределом прочности образцов-балочек, изготовленных из теста нормальной густоты, через 28 суток после затвердевания. Предел прочности при изгибе вычисляем как среднее арифметическое значение двух наибольших результатов испытаний трех образцов. Предел прочности при сжатии вычисляем как среднее арифметическое 4 наибольших результатов испытаний шести образцов [5].

Содержание свободного оксида кальция определяем ускоренным методом. Зола смешиваем с 100 мл 10%-ного раствора сахарозы, после чего прибавляем 2-3 капли фенолфталеина и титруем 0,1 Н раствором соляной кислоты. Массовую долю свободного СаО в процентах вычисляем по формуле: $\text{СаО}_{\text{своб}} = \frac{V \cdot V_1 \cdot 0.002801}{V_2 \cdot m} \cdot 100$, где V -объем раствора HCl, израсходованный на титрование, мл; V_1 - объем исходного раствора, мл; V_2 - объем аликвотной части раствора, мл; m - масса навески пробы, г [30].

Потери при прокаливании золы определяем методом медленного озоления и рассчитываем по формуле: $\text{П}_{\text{п.п}} = \frac{m_3 - m_2}{m_2 - m_1} \cdot 100$, где m_1 - масса прокаленной "лодочки", г ; m_2 - масса "лодочки" с навеской испытуемого материала, г; m_3 - масса "лодочки" с остатком после прокаливания навески, г.

Содержание естественных радионуклидов определяем сцинтилляционным методом на спектрометре «Прогресс-гамма».

2.1.2.2 Методика испытаний золошлаковой смеси

Зерновой состав определяем просеиваем через сита с размерами отверстий 20, 10, 5 и 0,315 мм.

Насыпную плотность определяем мерным сосудом и вычисляем по формуле: $\rho_n = \frac{m_1 - m_2}{V}$, где m_1 - масса мерного сосуда с пробой, кг; m_2 - масса мерного сосуда, кг; V - объем мерного сосуда, м³.

Среднюю плотность определяем по объему вытесненной этим зерном золы-унос следующим образом и вычисляем по формуле в г/см³: $\rho_n = \frac{m}{V}$, где m - масса зерен, г; V - объем зерна, см³.

2.1.2.3. Методика расчета состава мелкозернистого золошлакобетона

Расчет состава бетона по упрощенному способу производится в следующем порядке:

1) Прочность на сжатие и Ц/В для мелкозернистого бетона, твердеющего в естественных условиях с пропариванием, определяется по формулам:

$$R_{\text{б}} = 0,4 \cdot R_3 \left(\frac{3}{B} - 0,43 \right); \quad (1.1)$$

$$\frac{3}{B} = \frac{R_{\text{б}}}{0,4 \cdot R_3} + 0,43.$$

2) Количество материалов на 1 м³ смеси определяется по формулам:

$$3 = \frac{Y_{\text{п.б.с}}}{1 + \frac{\text{Ш} + \text{МК} + \text{В}}{3}}; \quad (1.2)$$

$$\text{Ш} = 3 \cdot \frac{\text{Ш}'}{3}; \quad (1.3)$$

$$\text{МК} = 3 \cdot \frac{\text{МК}'}{3}; \quad (1.4)$$

$$\text{В} = 3 \cdot \frac{\text{В}'}{3}; \quad (1.5)$$

где Z , $Ш$, $МК$ и $В$ - расходы золы, шлака, микрокремнезема и воды, $кг/м^3$; z' , $ш'$, $мк'$, $в'$ - то же, в пробных замесах; $\gamma_{п.б.с}$ - объемная масса мелкозернистой бетонной смеси.

3) Требования по подвижности или жесткости смеси, прочности, водонепроницаемости и морозостойкости мелкозернистого бетона определяются проектом и проверяются на опытных замесах и при испытании образцов [22].

2.2. Исследование свойств сырьевых материалов

2.2.1. Свойства золы

Для всех зол определены: дисперсность, плотность золы; химический состав, потери при прокаливании; нормальная густота и сроки схватывания зольного теста; равномерность изменения объема; активность зольного камня. Результаты определений занесены в таблицы 4,5,6.

Таблица 4 - Химический состав золы-унос Красноярских ТЭЦ

№	Место отбора золы	П.П.П	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	$CaO_{св.}$
1	Красноярская ТЭЦ - 1	6,20	54,08	6,12	5,36	22,92	3,25	1,2	2,95
2	Красноярская ТЭЦ - 2	5,5	37,97	6,51	9,13	32,05	5,76	2,86	9,10
3	Красноярская ТЭЦ - 3	3,82	62,03	5,87	4,53	18,75	3,32	1,13	2,83

Таблица 5 - Нормальная густота и сроки схватывания, равномерность изменения объема

Место отбора золы	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч-мин		Равномерность изменения объема
		начало	конец	
Красноярская ТЭЦ - 1	25,75	2-25	3-30	Трещин нет, образцы хрупкие
Красноярская ТЭЦ - 2	26,75	0-30	1-20	Радиальные трещины размером около 10мм
Красноярская ТЭЦ - 3	32,5	1-10	2-45	Трещин нет

Таблица 6 - Физико-механические свойства золы

Место отбора золы	Удельная поверхность, см ² /г	Остаток на сите №008, %	Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа			
				при изгибе		при сжатии	
				1 сут.	28 сут.	1 сут.	28 сут.
Красноярская ТЭЦ-1	1835	18,8	2,87	-	0,75	-	2,4
Красноярская ТЭЦ-2	3434	12,1	2,9	1,1	2,4	6,5	7,95
Красноярская ТЭЦ-3	2625	15,8	2,88	0,7	1,02	2,04	3,32

На рисунке 3 представлена сравнительная оценка прочности зольного камня зол Красноярских ТЭЦ.

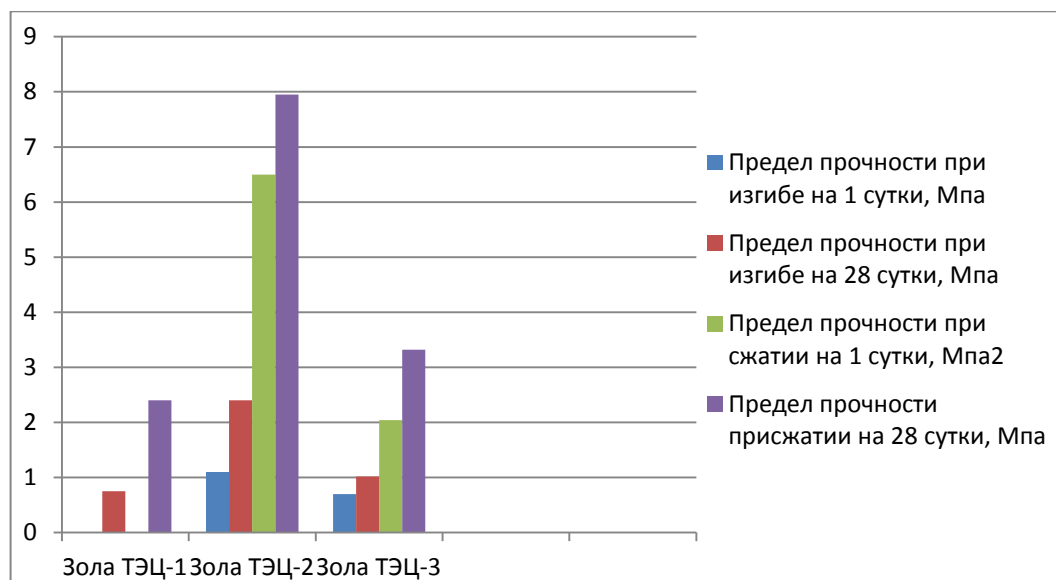


Рисунок 3 - Прочность зольного камня

Обязательным условием использования топливных отходов в строительных материалах является соответствие их требованиям по содержанию естественных радионуклидов. Результаты определения представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Результаты гамма-спектроскопического анализа.

Место отбора золы	Средняя удельная активность, Бк/кг				
	Ra - 226	Cs - 137	Th - 232	K - 40	A _{эфф}
Красноярская ТЭЦ-1	53,1	-	37,5	102	111
Красноярская ТЭЦ-2	41,48	21,02	30,61	85,24	88,95
Красноярская ТЭЦ-3	41,25	-	38,30	112,28	91,42

Радиационно-гигиеническая оценка золы-унос исследуемых проб показала, что средние значения эффективной удельной активности не превышают нормированную величину 370 Бк/кг и зола-унос может использоваться для строительства жилых и общественных зданий, а также для других видов строительства без ограничений по радиационному фактору.

Полученные результаты показали, что зола ТЭЦ-2 характеризуется наиболее высокой активностью, выдерживает испытания на равномерность изменения объема, поэтому ее можно использовать в низкомарочных бетонах в качестве самостоятельного вяжущего либо в качестве активной минеральной добавки для традиционного цементного вяжущего с целью его экономии.

2.2.2. Свойства золошлаковой смеси

Для ЗШС определены: зерновой состав, насыпная и средняя плотности шлака. Результаты определений приведены в таблице 8. Золошлаковая смесь должна соответствовать требованиям ГОСТ 25592-91 «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия» [6].

Таблица 8 - Свойства ЗШС

Наименование показателя	Значение показателя	Значение по ГОСТ
Максимальный размер зерен шлака шлаковой составляющей мм, не более	5	5
Содержание шлаковой составляющей, % по массе	8	От 0-10
Содержание шлакового щебня в шлаковой составляющей, % по массе	-	-
Содержание зольной составляющей, % по массе	3	3
Средняя плотность, г/см ³	1,8	До 2,0
Насыпная плотность, т/м ³	1,48	Более 1,2

При изучении свойств золошлаковой смеси, отобранной на золоотвале Красноярской ТЭЦ-1, было установлено, что по зерновому составу смесь

относится к мелкозернистым, а по насыпной плотности и плотности зерен шлака как легкой смеси с пористым шлаком. Эти характеристики золошлаковой смеси указывают на ее пригодность в бетонных смесях в качестве мелкого и крупного заполнителя.

2.3. Разработка составов бесцементного вяжущего на основе золы

По результатам исследования технологических свойств золы-унос и золошлаковой смеси были разработаны составы бесцементного золошлакобетона марок 100 – 150 для изготовления на его основе мелкоштучных стеновых блоков. Для эффективного и максимального проявления гидравлических свойств золы-унос с целью полного исключения из составов бетона цементного вяжущего дополнительно был использован аморфный высокодисперсный микрокремнезем.

В составе золы присутствует оксид кальция в свободном состоянии, т.е. в виде частиц, покрытых стекловидной оболочкой, труднодоступной для контакта с водой в начальные сроки взаимодействия. Это приводит к гидратации оксида кальция в позднем возрасте, когда основная масса материала уже затвердела и может растрескаться при переходе CaO в Ca(OH)_2 , сопровождающимся увеличением объема. Нейтрализовать деструктивное влияние $\text{CaO}_{\text{своб}}$ можно различными методами, как физическими, так и химическими.

Одним из эффективных методов химической нейтрализации $\text{CaO}_{\text{своб}}$ является введение в состав зольных композиций активного микрокремнезема – попутного продукта производства металлического кремния, способного вступать в химическую реакцию с оксидом кальция на ранней стадии.

Применение микрокремнезема в сочетании с золой – унос возможно за счет протекания реакции пуццоланизации между $\text{CaO}_{\text{своб}}$, содержащимся в золе и аморфным SiO_2 - активным компонентом микрокремнезема с образованием низкоосновных гидросиликатов [26].

Микрокремнезем обеспечивает прочность на сжатие, намного превышающую прочность обычных бетонов, и здесь ограничивающим фактором является только прочность заполнителя. Эффект заполнения пор, создаваемый пуццолановыми сферическими микрочастицами, способствует значительному уменьшению капиллярной пористости и проницаемости бетона. Известно, что низкая проницаемость и низкое содержание свободной извести повышает устойчивость бетона к воздействию агрессивных химических веществ. Бетон с содержанием микрокремнезема обладает этими качествами и проявляет устойчивость к воздействию целого ряда веществ. Долгосрочные полевые испытания показали, что по своей потенциальной устойчивости к сульфатам он равен сульфатостойкому портландцементу.

Технологическое использование микрокремнезёма (дозирование и подача), предполагает два решения :

а) использование микрокремнезема в сухом виде с золой-уноса и добавкой суперпластификатора;

б) в виде суспензий в качестве минеральной добавки для бетонов [26].

Суспензия является наиболее практичной формой применяемого микрокремнезема. Её получают при смешивании сырого микрокремнезема с равным количеством воды с последующим суспензированием с помощью специальных установок. Для обеспечения химической и физической стабильности суспензии водородный показатель рН должен иметь значения от 4,5 до 5,5.

Добавка микрокремнезема вводилась в зольное тесто в виде суспензии в количестве от 4 до 10% от массы сухих компонентов композиции. Влияние микрокремнезема на свойства зольного теста и камня показано в таблице 9.

Таблица 9 - Влияние микрокремнезёма на свойства зольного теста и камня

№ состава	Содержание, % по массе		Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч-мин		Результаты испытаний на РИО	Предел прочности, МПа			
	зола	МК		начало	конец		при изгибе		при сжатии	
							1 сут.	28 сут.	1 сут.	28 сут.
1	100	-	23	0-30	1-20	-	1,1	2,1	6,5	7,95
2	96	4	24	0-53	1-36	+	1,4	3,1	12,7	21,3
3	94	6	25	0-47	1-24	+	1,4	3,0	12,6	20,0
4	92	8	26	0-40	1-09	+	1,3	3,0	12,4	19,8
5	90	10	27	0-37	0-42	+	1,2	2,9	12,3	19,6

На рисунке 4 показано влияние расхода микрокремнезема на прочность зольного камня.

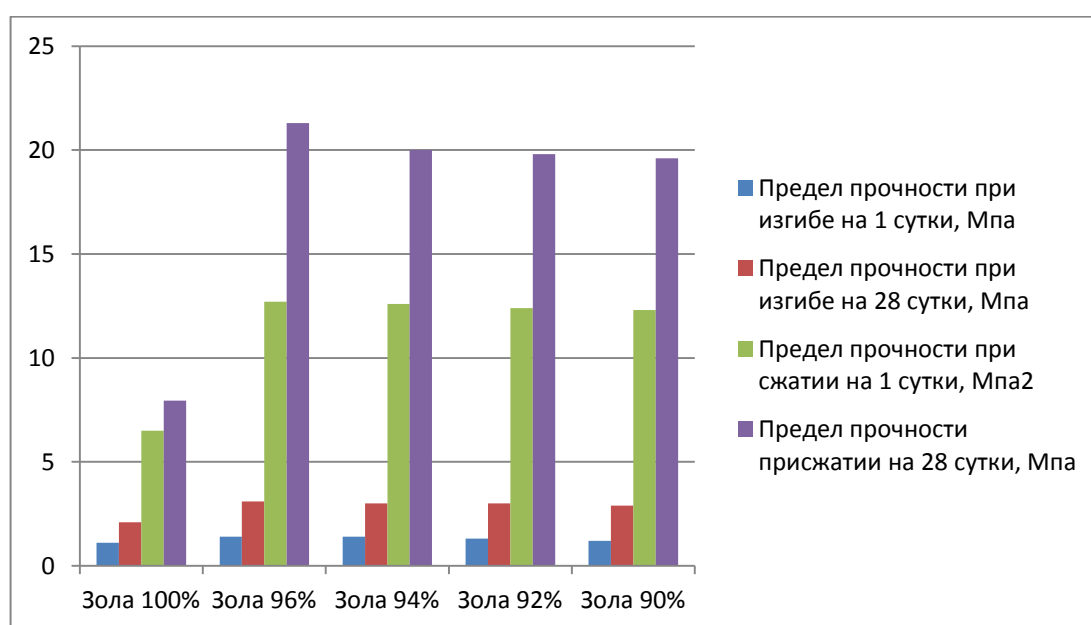


Рисунок 4 - Влияние расхода микрокремнезема на прочность зольного камня

Анализ физико-механических свойств зольно-кремнеземистых композиций показал, что сочетание золы-унос с микрокремнеземом в количестве 4% от массы дает возможность получить композицию с прочностью 12,7 МПа в начальные сроки твердения и 21,3 МПа на 28 сутки. Более высокий расход микрокремнезема ощутимого эффекта не обеспечивает, поэтому оптимальным было принято содержание микрокремнезема в композиции в количестве 4%.

2.4. Разработка состава золошлакобетона

Для повышения удобоукладываемости и эксплуатационных характеристик бетона в его состав необходимо вводить добавки. Мы разработали 3 состава с соответствующими добавками: ПФМ-НЛК, Полипласт П-1, Реламикс ПК. Расходы добавок назначали по рекомендациям производителей.

Подбор состава золошлакобетона представлен в таблицах 9,10.

Таблица 9 - Состав золошлакобетона с добавками

№ состава	Вид добавки	Расход материалов на 1 м ³				
		зола, т	микрокремнезем, т	шлак, т	вода, л	добавка, %
1	ПФМ-НЛК	0,650	0,070	0,680	250	0,5
2	Полипласт П-1	0,650	0,070	0,680	234	1
3	Реламикс ПК	0,650	0,070	0,680	157	1

Таблица 10 - Физико-механические свойства золошлакобетона

Состав	Плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии, МПа		
		7 сут	14 сут	28 сут
1	2	1,76	2,10	4,46
2	2,06	1,23	1,90	2,10
3	2,21	10,30	14,35	18,20

Анализ физико-механических свойств золошлакобетона с добавками показывает, что добавка «Реламикс ПК» в количестве 1% от массы золы дает возможность получить золошлакобетон с прочностью 10,3 МПа в начальные сроки твердения и 18,2 МПа на 28 сутки.

В экспериментальной части были изучены свойства топливных отходов, поступающих с Красноярских ТЭЦ. Установлено, что наиболее высокой гидравлической активностью обладает зола ТЭЦ-2, имеющая

прочность при сжатии 7,95 МПа. Золошлаковая смесь с Красноярской ТЭЦ-1 относится к мелкозернистым и может использоваться для изготовления плотного золошлакобетона. Разработан состав бесцементного вяжущего на основе зольно-кремнеземистой композиции, имеющей прочность 21,3 МПа. Разработан состав золошлакобетона на основе бесцементного вяжущего и мелкозернистой золошлаковой смеси, который имеет прочность 18,2 МПа.

3 Технологическая часть

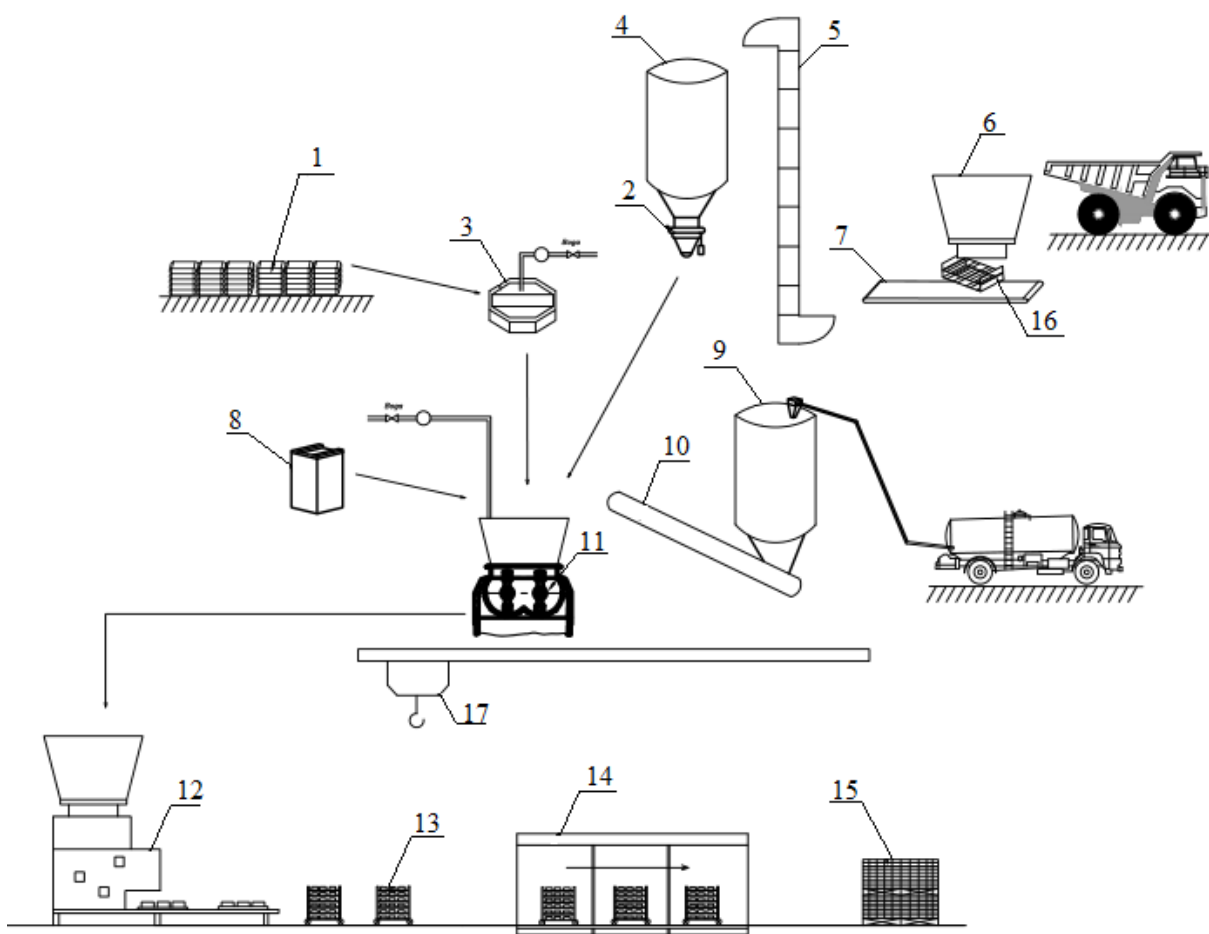
На основе разработанных составов золошлакобетона была выбрана технология изготовления мелкоштучных стеновых камней с использованием мобильной малогабаритной формовочной установки. Внедрение разработанной технологии дает возможность решить ряд задач:

- расширить номенклатуру местных стеновых материалов для малоэтажного строительства;
- снизить материалоемкость при изготовлении строительных изделий массовых объемов;
- улучшить экологическую обстановку в регионе за счет эффективного использования промышленных отходов и снизить затраты на их утилизацию.

3.1 Технологическая схема изготовления мелкоштучных камней

Технология изготовления камней подразделяется на следующие операции: приготовления золошлакобетонной смеси; формование мелкоштучных камней; пропаривание, упаковка, складирование и отгрузка изделий, контроль качества продукции, транспортирование и хранение.

Технологическая схема изготовления мелкоштучных стеновых камней по вибрационной технологии представлена на рисунке 5.



1 - мешки с микрокремнеземом; 2 - дозатор весовой; 3 - болтушка; 4 - бункер золошлаковой смеси; 5 - элеватор; 6 - бункер золошлаковой смеси; 7 - ленточный конвейер; 8 - химическая добавка; 9 - силос золы; 10 - винтовой конвейер; 11 - смеситель двухвальный; 12- пресс; 13- поддон с изделиями; 14 - туннельная камера тепловлажностной обработки; 15 - склад готовой продукции; 16 - вибросито; 17 - кран мостовой

Рисунок 5 - Технологическая схема изготовления мелкоштучных стеновых камней

3.1.1 Приготовление золошлакобетонной смеси

Бетонная смесь должна приготавливаться бетоносмесителе принудительного действия, расположенном на производственной площадке, где формируются бетонные изделия. Дозирование компонентов для приготовления смеси производится непосредственно в бетоносмеситель объемным методом в следующей последовательности: сначала дозируется

золошлаковая смесь в полном объеме, затем дозируется зола. Погрешность дозирования не должна превышать 2% для золы, воды, раствора химических добавок; 2,5% для заполнителей.

Продолжительность перемешивания всех сухих компонентов должна составлять от 90 до 120 сек. После предварительного перемешивания в смесь добавляют химическую добавку, которую предварительно смешивают с водой. При необходимости в растворную смесь подается дополнительное количество воды для получения нужной консистенции смеси.

После введения химической добавки, приготавливают суспензию микрокремнезема в болтушке и подают ее в бетоносмеситель. Перемешивание всех компонентов бетонной смеси составляет от 90 до 120 сек. Консистенция приготовленной растворной смеси контролируется визуально и представляет собой полусухую массу, которая при сдавливании в ладони образует не рассыпающийся комок.

Готовая растворная смесь выгружается при работающем смесителе через затвор в днище смесителя в формовочную установку.

3.1.2 Формование мелкоштучных стеновых камней

Формование стеновых камней производится на вибропрессе. Стеновые камни изготавливают безопалубочным методом в специальных прессформах.

Изготовление мелкоштучных блоков производится в виде одновременно формуемых изделий в количестве 5 штук. В ячейки матрицы формирующей установки подается первая порция бетонной смеси, разравнивается вровень с краями ячеек. После укладки смеси включаются продольные поверхностные вибраторы установки для предварительного уплотнения смеси в течение 2-5 сек. После предварительного уплотнения и частичного оседания смеси в ячейках матрицы подается вторая порция смеси и также разравнивается вровень с краями ячеек. На поверхность смеси с помощью специального рычага установки опускаются формирующие пуансоны,

которые частично уплотняют поверхностный слой смеси и придают изделиям требуемую конфигурацию, а затем поднимаются в исходное положение.

На частично уплотненные изделия укладывается следующий слой раствора вровень с краями ячеек установки, излишки раствора удаляются специальной щеткой. После укладки всего раствора опускаются пуансоны и включаются верхние и нижние вибраторы, которые совместно с пуансонами уплотняют бетонную смесь до требуемой степени уплотнения, которая регулируется продолжительностью вибропрессования. После уплотнения смеси в ячейках матрицы отключают вибраторы и поднимают пуансоны в исходное положение. Визуально степень уплотнения устанавливается по выступлению теста на гранях готового изделия. Отформованные изделия отправляют в пропарочную камеру.

3.1.3 Тепловая обработка изделий

Для тепловой обработки блоков предусмотрена пропарочная камера, в которой за 3 часа производится подъем температуры до 90С°, в течение 6 часов осуществляется изотермический прогрев при температуре 90С° и в течении 3 часов производится охлаждение. После пропаривания поддоны со стеновыми камнями отгружают на склад выдержки и упаковки. Заполненный поддон камней упаковывают в полиэтиленовую пленку со всех сторон, включая верхнюю с фиксацией изделий на поддоне специальной лентой через резиновые прокладки, укладываемые на грани камней. Под пленку укладывается маркировочный лист, в котором указывается: ГОСТ 6133-99 «Камни бетонные стеновые. Технические условия».; дата изготовления; предприятие - изготовитель.

3.1.4 Контроль качества продукции

Камни должны быть приняты техническим контролем предприятия-изготовителя.

Камни принимают партиями. Партией считают количество камней одного вида и назначения, изготовленных из бетонной смеси одного номинального состава в течение не более одних суток на одной технологической линии, но не более 250 м³.

Для проверки соответствия камней требованиям ГОСТ 6133-99 проводят входной, операционный и приемочный контроль. Порядок проведения входного и операционного контроля устанавливают в технологическом регламенте предприятия-изготовителя. Приемочный контроль осуществляют путем проведения приемосдаточных и периодических испытаний.

Приемосдаточные испытания каждой партии камней осуществляют по следующим показателям:

- внешний вид;
- геометрические параметры;
- масса;
- марка камней по прочности;
- отпускная прочность;
- соответствие цвета лицевых камней эталону.

Периодические испытания камней проводят по показателям:

- средней плотности - один раз в 10 дней, а также каждый раз при изменении вида бетона и пустотности изделия;
- морозостойкости - один раз в полгода, а также каждый раз при изменении сырьевых материалов и технологии изготовления;
- теплопроводности камней в кладке - при постановке продукции на производство, а также при изменении вида бетона и пустотности изделия за счет изменения размера пустот или их числа.

Удельную эффективную активность естественных радионуклидов контролируют при входном контроле по данным документов о качестве предприятия-поставщика сырьевых материалов.

Внешний вид камней, включая предварительную визуальную оценку цвета лицевых поверхностей изделий, размеры и форму контролируют внешним осмотром.

Допускается проведение периодических испытаний по показателям точности геометрических параметров камней, изготовленных по технологии вибропрессования, по результатам операционного контроля точности размеров неразъемных элементов форм перед вибропрессованием и периодического контроля за состоянием каждой формы.

3.1.4 Упаковка и отгрузка готовых изделий

Поддоны с упакованными изделиями вывозятся на склад для дальнейшего выдерживания до набора отпускной прочности - 90%. Допускается отгрузка изделий с отпускной прочностью 70 % по согласованию с потребителем. Выдерживание изделий на открытом складе допускается при среднесуточных температурах не ниже + 5°C. При более низких температурах выдерживание изделий должно производиться в отапливаемом цехе на специально оборудованной площадке.

Отгрузка изделий потребителю должна производиться после достижения изделиями отпускной прочности по результатам испытаний специализированной лаборатории. Качество поставляемых потребителю камней должно подтверждаться документом.

3.2 Выбор технологического оборудования

Для расчета и подбора технологического оборудования необходимо найти часовую и суточную производительность, исходя из заданной годовой производительности $P_r=14,5$ тыс. м³/год.

Часовая производительность рассчитывается по формуле, м³/ч

$$P_{ч} = \frac{P_r}{d \cdot t \cdot n \cdot k}; \quad (2.1)$$

где P_r – годовая производительность;

d – рабочие дни, 256 сут;

t - количество часов в смене, 8 ч;

n - количество смен;

k - коэффициент использования оборудования.

$$P_{ч} = \frac{14500}{256 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1} = 7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Суточная производительность, м³/сут

$$P_{сут} = \frac{P_r}{d}; \quad (2.2)$$

$$P_{сут} = \frac{14500}{256} = 56 \text{ м}^3/\text{сут}$$

3.2.1 Склады сырьевых материалов

Качество бетонной смеси и бетона зависит от качества сырьевых материалов. Поэтому одно из основных назначений складов - сохранение, а часто и улучшения качества сырья.

Для приема и хранения вяжущих материалов (зола) рекомендуется применять типовые склады цемента. Для заполнителя в виде золошлаковой смеси следует предусматривать закрытый бункерный. Для вспомогательных материалов должны предусматриваться: склад микрокремнезема и склад химических добавок.

3.2.1.1 Склад золы

Для хранения золы применяем склад силосного типа. Силосы сооружают из однотипных ячеек цилиндрической формы, высота которых в несколько раз больше диаметра.

Транспортные операции на складе золы производят в два этапа: разгрузка золы из вагонов или автотранспорта и перемещение ее пневмотранспортом в силос; транспортирование из силосов в расходный бункер бетоносмесителя винтовым конвейером.

Силос, изображенный на рисунке 5, представляет собой емкость цилиндрической формы с днищем в виде перевернутого усеченного конуса, опирающуюся на четырехопорную раму. Зола по трубопроводу подается в силос, а воздух через рукавный фильтр выходит в атмосферу. Для очистки рукавов от золы их периодически встряхивают.

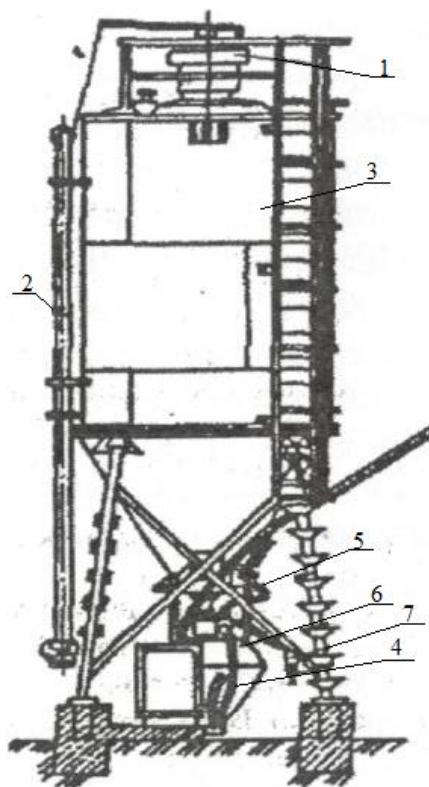
В нижней части силоса установлено аэрирующее устройство, которое предотвращает сводообразование и улучшает истечение золы. Внутри силоса установлены указатели верхнего и нижнего уровней золы.

Сводообразующее действие аэрационных устройств обеспечивается проходом сжатого воздуха через слой золы, что нарушает взаимный контакт ее частиц и приводит к резкому уменьшению коэффициента внутреннего трения. Конструктивно обычно выполняют в виде аэроднищ, которые представляют собой пористые перегородки из различных материалов: керамические, синтетические, различных видов тканей. Форма перегородок может быть плоской или в виде перфорированных труб, заглушенных с одной стороны и обтянутых гибким пористым материалом. Сжатый воздух подается с нижней стороны пористых перегородок или в сводные концы труб[18].

Аэроднище устанавливают в нижней части силоса в зоне образования сводов, причем его площадь должна быть не менее 30-40% площади конической зоны силосов.

Воздух, применяемый в аэрационных устройствах, должен быть охлажден до температуры золы и тщательно очищен от масла и влаги, в противном случае аэроднища быстро теряют воздухопроницаемость.

Кратковременная подача воздуха под давлением 0,8 МПа аэрирует материал и оказывает на него динамическое воздействие, что способствует эффективному сводообрушению.



1 - рукавный фильтр; 2 - трубопровод; 3 - силос; 4 - воздухопровод; 5 - аэрирующее устройство; 6 - камерный насос; 7 - маслоотделитель;

Рисунок 6 - Склад золы

Объем отсеков для хранения заполнителя, м³

$$V_{с.з} = \frac{П_{г} \cdot 3 \cdot T_{хр} \cdot K_n}{0,9 \cdot \gamma_3 \cdot P_c}, \quad (3.1)$$

где $П_{г}$ - годовая производительность предприятия, м³/г;

A - расход зола на 1 м³ золошлакобетонной смеси, кг;

$T_{хр}$ - нормативный запас хранения материала, сут;

K_n - коэффициент, учитывающий потери золы при разгрузке и транспортных операциях, $K_n = 1,01$;

0,9 - коэффициент заполнения склада;

γ_a - плотность золы, кг/м³;

P_c - фонд времени работы оборудования в год, $P_c = 256$ сут.

$$V_{c.з} = \frac{14500 \cdot 650 \cdot 5 \cdot 1,01}{0,9 \cdot 2900 \cdot 256} = 71,23 \text{ м}^3$$

3.2.1.2 Склад золошлаковой смеси

Бункерами называются саморазгружающиеся емкости для хранения и перегрузки сыпучих материалов. Бункерные склады заполнителей закрытого типа состоят из многоугольных стальных или железобетонных банок диаметром 5-10 м, воронки в виде усеченной пирамиды. Воронки нужны для саморазгрузки сыпучих материалов, а призматические или цилиндрические банки - для хранения их. Такие склады загружают вертикальным многоковшовым элеватором и распределительным конвейером. Выгрузка заполнителей на ленточный конвейер осуществляется с помощью вибратора, расположенного под днищем силоса.

Объем отсеков для хранения заполнителя, м³

$$V_{c.з} = \frac{P_r \cdot A \cdot T_{xp} \cdot K_p \cdot K_n}{0,9 \cdot \gamma_a \cdot P_c}, \quad (4.1)$$

где P_r - годовая производительность предприятия, м³/г;

A - расход золошлаковой смеси на 1 м³ золошлакобетонной смеси, кг;

T_{xp} - нормативный запас хранения материала, сут;

K_p - коэффициент разрыхления материала, $K_p = 1,2$;

K_n - коэффициент, учитывающий потери золошлаковой смеси при разгрузке и транспортных операциях, $K_n = 1,02$;

0,9 - коэффициент заполнения склада;

γ_a - плотность золошлаковой смеси, кг/м³;

P_c - фонд времени работы оборудования в год, $P_c = 256$ сут.

$$V_{c.з} = \frac{14500 \cdot 680 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 1,02}{0,9 \cdot 1480 \cdot 256} = 176,96 \text{ м}^3$$

Параметры бункеров зависят от их объема и физико-механических характеристик сыпучего материала с учетом их неблагоприятных изменений. Должны исключаться сводообразование над разгрузочным отверстием и зависание материала на стенках.

3.2.2 Дозаторы непрерывного действия

Отмеривание необходимого количества составляющих золошлакобетонной смеси производится с помощью дозаторов. Согласно ГОСТ 7473-85 «Смеси бетонные. Технические условия» погрешность дозирования для вяжущих, воды и добавок составляет $\pm 2\%$, для заполнителей - $\pm 2,5\%$.

По принципу действия различают объемные и весовые дозаторы. Для дозирования инертных материалов выбираем весовые дозаторы, а для воды - объемный.

Объемные дозаторы просты по устройству, позволяют легко регулировать количество дозируемого материала.

Весовые дозаторы дают меньшую погрешность при изменении ряда факторов (крупности, плотности, высоты падения, интенсивности наполнения). Такие дозаторы представляют собой питатель, в котором автоматически поддерживается заданная производительность. Так как производительность питателей непрерывного действия прямо пропорциональна массе материала, находящегося на конвейере, и скорости движения, то, изменяя один из параметров или сразу оба, можно регулировать производительность [18].

3.2.2.1 Весовой дозатор золы

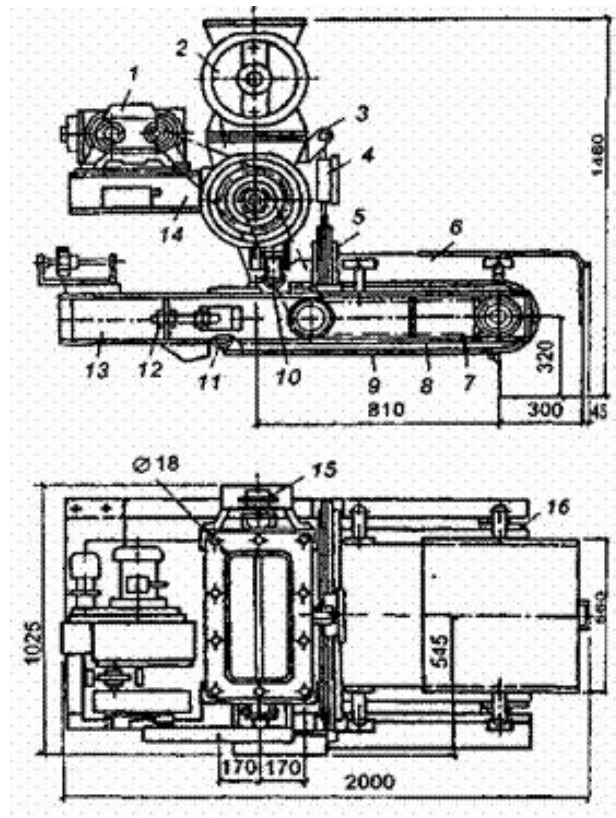
Для дозирования золы выбираем по производительности весовой дозатор непрерывного действия СБ-71А.

Дозатор СБ-71А, представленный на рисунке 7, состоит из двухбарабанного питателя, весового конвейера, датчика усилия, привода и системы автоматического регулирования.

Зола в дозатор подается двухбарабанным питателем на ленту подвешенного на шарнирных опорах конвейера, имеющего общий для питателя и конвейера привод. Весовой конвейер состоит из двух щек, натяжного и приводного барабанов, промежуточной передачи, ленты и деталей, образующих раму. Для предотвращения пыления конвейер оснащен герметизированным укрытием.

Питатель выполнен из двух расположенных один над другим корпусов, в которые вмонтированы шестиячейковые барабаны. Барабанный питатель обеспечивает равномерное поступление материалов.

На ленте весового конвейера зола взвешивается компенсационным способом с помощью груза, передвигающегося по рычагу. Масса золы, находящегося на ленте конвейера, должна соответствовать определенному положению компенсационного груза на рычаге. Если момент, создаваемый грузом, не равен моменту от массы золы, то конвейер выходит из равновесия. При этом срабатывает система автоматики и груз передвигается на рычаге до тех пор, пока конвейер не уравновесится. С грузом связан ведомый диск фрикционного механизма. Ведущий диск вращается от привода ленты. Скорость вращения ведомого диска пропорциональна производительности дозатора, а число его оборотов пропорционально количеству прошедшей по конвейеру золы. После достижения заданного числа оборотов ведомого диска, которое непрерывно подсчитывается в суммирующем устройстве, поступает сигнал закончить дозирование [18].



1 - привод дозатора; 2 - двухбарабанный питатель; 3 - кронштейн на течке; 4 - датчик усилия; 5 - кронштейн на щеках конвейера; 6 - навес; 7 - цепная передача; 8 - щека; 9 - лента; 10 - шарнирные опоры; 11 - натяжной барабан; 12- натяжной винт; 13- весовой конвейер; 14 - двухступенчатая цепная передача; 15 - промежуточная цепная передача; 16 - приводной барабан

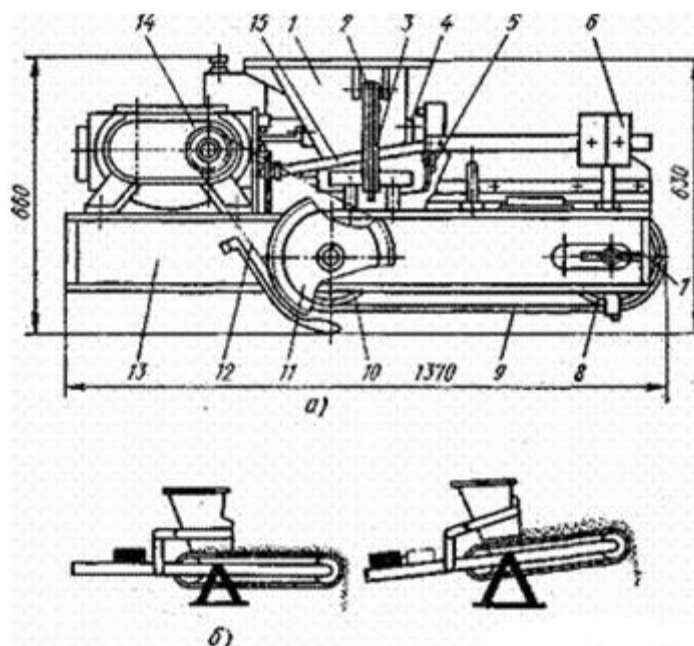
Рисунок 7 - Весовой дозатор непрерывного действия СБ-71А

Производительность такого дозатора составляет 4-25 т/ч, мощность 1,18 кВт.

3.2.2.2 Весовой дозатор золошлаковой смеси

Для дозирования золошлаковой смеси выбираем по производительности весовой дозатор непрерывного действия СБ-26А.

Дозатор СБ-26А, изображенный на рисунке 8, включает в себя следующие основные части: воронку-питатель, весовой конвейер с приводом и рычажную систему. К воронке крепятся подвески призматических опор, на которых подвешен конвейер.



а - схема дозатора, б - дозатор в состоянии равновесия, в - дозатор в состоянии, при котором количество дозируемого материала меньше заданного; 1 - воронка-питатель, 2 - подвески, 3 - призмные опоры, 4 - неподвижная заслонка, 5 - подвижная заслонка, 6 - грузы, 7 - винты, 8 - натяжной барабан, 9 - лента, 10 - приводной барабан, 11- звездочка, 12 - цепная передача, 13 - щека рамы конвейера, 14 - вариатор, 15 - рычаг.

Рисунок 8 - Весовой дозатор непрерывного действия СБ-26А

Весовой конвейер состоит из рамы, приводного и натяжного барабанов, ленты, промежуточной передачи и натяжного устройства для ленты. Привод конвейера состоит из электродвигателя, цепного вариатора с редукторной приставкой и цепной передачи. Рычажная система включает в себя рычаги, собранные на призмах, подвижную заслонку и груз.

Воронка по форме представляет собой усеченную пирамиду. Верхний фланец ее присоединен к расходному бункеру, откуда материал поступает на ленту весового конвейера, подвешенного к воронке таким образом, что ось качания его - призмные опоры - расположена по оси выходного отверстия воронки. Этим взаимно уравниваются давления столба материала слева и справа от оси качания. Для гашения колебаний конвейера установлен успокоитель.

Золошлаковую смесь дозируют, изменяя высоту ее слоя на ленте весового конвейера. Когда масса материала на ленте соответствует

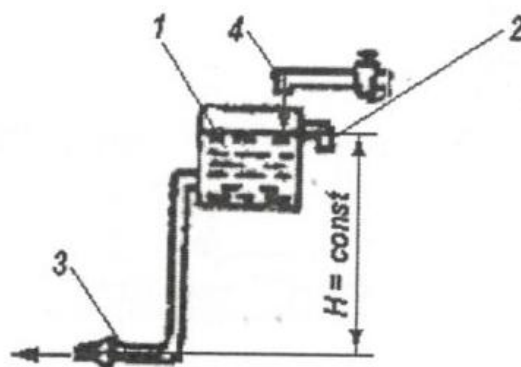
заданному, весовой конвейер находится в уравновешенном состоянии. При изменении массы материала на ленте конвейер выходит из этого состояния. Плечи рычагов подобраны так, что при отклонении конвейера от горизонтали рычаги с подвижной заслонкой отклоняются в ту же сторону, но на больший угол. Таким образом, при увеличении массы материала на ленте конвейер опускается и заслонка уменьшает высоту слоя материала, а при уменьшении массы материала конвейер поднимается и заслонка увеличивает толщину слоя материала. Это продолжается до тех пор, пока масса золошлаковой смеси на ленте не достигнет заданного значения и конвейер вновь не уравновесится [15].

Пределом отклонения конвейера от горизонтального положения принят угол $\pm 4^\circ$, превышение которого заставляет срабатывать конечные выключатели, и приводной двигатель выключается.

Производительность такого дозатора составляет 8-40 т/ч, мощность 0,6 кВт, максимальный размер заполнителя 40мм.

3.2.2.3 Объемный дозатор воды

Объемное дозирование воды осуществляется краном с калиброванным отверстием в сочетании с устройствами, обеспечивающими постоянное давление. Дозатор воды представлен на рисунке 9 .



1 - бак, 2 - патрубок; 3 - калиброванное отверстие; 4 - заливной кран

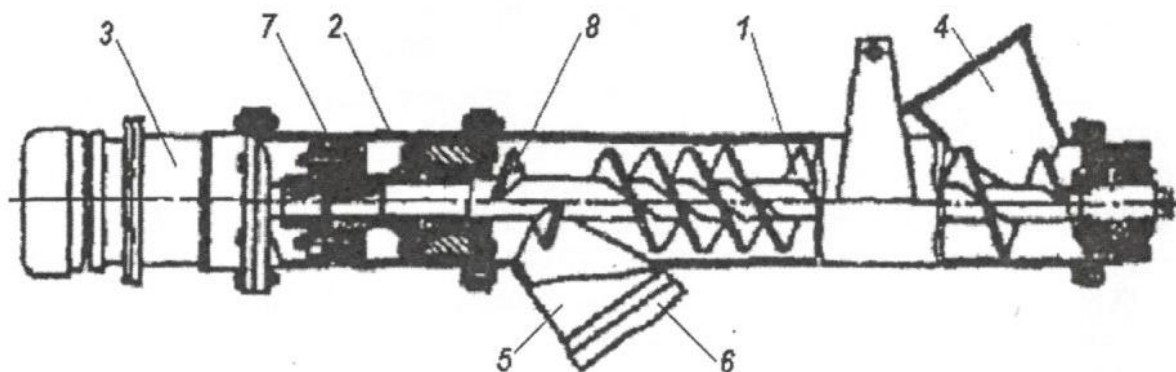
Рисунок 9 - Объемный дозатор воды непрерывного действия

Бак 1 постоянного уровня имеет патрубок 2, через который сливается избыток воды для обеспечения постоянного напора столба воды в баке и обеспечения стабильного расхода воды через калиброванное отверстие 3. Количество воды, поступающей в бак через кран 4, должно превышать ее расход. Напор зависит от перепада уровней воды свободной поверхности и у оси сливного отверстия [18].

3.2.3 Винтовой конвейер

Горизонтальный винтовой конвейер используем при подаче золы из силоса в расходный бункер бетоносмесительной установки.

Винтовой конвейер (рисунок) состоит из шнека, заключенного в желоб цилиндрического сечения и мотор-редуктора. Загрузка золы из силоса производится через конусообразный загрузочный патрубок, оканчивающийся мягким рукавом для подачи золы в дозатор.



1 - шнек; 2 - желоб; 3 - мотор-редуктор; 4 - загрузочный патрубок; 5 - разгрузочный патрубок; 6 - мягкий рукав; 7 - муфта; 8 - отбойный винт

Рисунок 10 - Винтовой конвейер

Вал мотор-редуктора связан с валом шнека втулочно-пальцевой упругой муфтой. Шнек в зоне разгрузки золы и по длине транспортирования выполнен с шагом $t = (0,8 \dots 1,0) \cdot D_{\text{в}}$, где $D_{\text{в}}$ - диаметр винта, а при подходе к зоне выгрузки 2-3 витка шнека выполнены двухзаходными для предотвращения забивания.

Диаметр шнека определяется, м,

$$D_B = \sqrt{\frac{K_\beta \cdot \Pi_{\text{ц}}}{47 \cdot \delta \cdot n_B \cdot \gamma_{\text{ц}} \cdot K_t}}, \quad (5.1)$$

где $\Pi_{\text{ц}}$ - производительность установки по золе, т/ч.

$$\Pi_{\text{ц}} = \frac{\Pi_{\text{Г}} \cdot Z}{1000 \cdot P_{\text{с}} \cdot T}, \quad (5.2)$$

где $\Pi_{\text{Г}}$ - заданная годовая производительность бетоносмесительной установки, м³;

Z - расход золы на приготовление 1 м³ смеси, 650 кг;

$P_{\text{с}}$ - фонд времени работы оборудования в год, 256 сут;

T - продолжительность рабочей смены, 8 ч;

K_β - коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера, $K_\beta = 1$;

δ - коэффициент заполнения желоба конвейера, $\delta = 0,45$;

n_B - скорость вращения винта, об/мин; для транспортирования золы рекомендуется принимать в зависимости от диаметра винта,

$$n_B = 265 - 370 \cdot D_B.$$

Так как диаметр шнека еще не известен, следует заняться его значением: 200 мм. Если будет значительное расхождение с диаметром, полученным после расчета по формуле (3.1), назначить новое значение и повторить расчет; K_t - коэффициент, определяющий отношение шага винта t к диаметру D_B , $K_t = 1$; $\gamma_{\text{ц}}$ - плотность золы, 2,9 т/м³.

$$\Pi_{\text{ц}} = \frac{14500 \cdot 650}{1000 \cdot 256 \cdot 8} = 4,6 \text{ т/ч}$$

$$n_B = 265 - 370 \cdot 0,2 = 191 \text{ об/мин}$$

$$D_B = \sqrt{\frac{1 \cdot 4,6}{47 \cdot 0,45 \cdot 191 \cdot 2,9 \cdot 1}} = 0,2 \text{ м}$$

Мощность на валу винта конвейера, потребная для перемещения золы, определяется по формуле, кВт,

$$N_B = \frac{\Pi_{\text{ц}} \cdot (\omega_0 \cdot L_{\text{Г}} + H) \cdot g}{3600}, \quad (5.3)$$

где ω_0 - коэффициент сопротивления движению материала по желобу, $\omega_0 = 4$;

L_{Γ} - горизонтальная проекция конвейера, 8 м;

H - высота подъема материала, 1 м.

$$N_{\text{в}} = \frac{4,6 \cdot (4 \cdot 8 + 1) \cdot 9,81}{3600} = 0,41 \text{ кВт}$$

Винт рассчитывают на сложное напряженное состояние от изгиба под действием собственного веса, растяжения или сжатия по действием продольной силы и кручения под действием крутящего момента. Крутящий момент на валу шнека, Нм

$$M_{\text{в}} = \frac{1000 \cdot N_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{в}}}{K_{\text{з}} \cdot \omega_{\text{в}}},$$

где $\eta_{\text{в}}$ - КПД привода, $\eta_{\text{в}} = 0,85$;

$K_{\text{з}}$ - коэффициент запаса, $K_{\text{з}} = 1,8 \dots 2,0$;

$\omega_{\text{в}}$ - угловая скорость винта, 1/с, $\omega_{\text{в}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{в}}}{30} = \frac{\pi \cdot 191}{30} = 20$.

$$M_{\text{в}} = \frac{1000 \cdot 0,41 \cdot 0,85}{1,9 \cdot 20} = 9,17 \text{ Нм}$$

Действующая на винт продольная сила, Н

$$P_{\text{в}} = \frac{2 \cdot K_{\text{с}} \cdot M_{\text{в}}}{D_{\text{в}} \cdot \tan(\alpha_{\text{ср}} + \varphi_{\text{л}})},$$

где $K_{\text{с}}$ - коэффициент, учитывающий, что радиус винта больше радиуса, на котором приложена равнодействующая сил сопротивления винта вращению,

$K_{\text{с}} = 1,25 \dots 1,43$;

$\alpha_{\text{ср}}$ - средний угол подъема винтовой линии:

$$\alpha_{\text{ср}} = \arctg(K_{\text{ш}} \cdot t / D_{\text{в}}),$$

где $K_{\text{ш}}$ - коэффициент, равный $0,4 \dots 0,45$;

$\varphi_{\text{л}}$ - угол трения золы о материал винта, $\varphi_{\text{л}} = 20 \dots 30^\circ$;

t - шаг винта, $t = 0,2$ м .

$$\alpha_{\text{ср}} = \arctg(0,4 \cdot 0,2 / 0,2) = 0,38$$

$$P_{\text{в}} = \frac{2 \cdot 1,3 \cdot 0,89}{0,2 \cdot \tan(0,38 + 25)} = 24,39 \text{ Н}$$

3.2.4 Ленточный конвейер

Ленточный конвейер используем при подаче золошлаковой смеси со склада в расходный бункер бетоносмесительной установки. Они обеспечивают высокую производительность и значительную дальность транспортирования.

Основным транспортирующим и тяговым органом является бесконечная прорезиненная лента, огибающая два барабана: приводной и натяжной. Поступательное движение ленты с грузом создаётся силами трения, действующими в зоне контакта ленты с приводным барабаном. Вращение барабан получает от приводного электродвигателя через редуктор. Для увеличения тягового усилия рядом с приводным барабаном устанавливают отклоняющий барабан, увеличивающий угол обхвата .

Верхняя рабочая и нижняя холостая ветви поддерживаются верхними и нижними роlikоопорами. Для предотвращения провисания ленты между роlikоопорами, а также для увеличения тягового усилия лента предварительно натягивается посредством винтового или грузового натяжного устройства.

Загрузка транспортируемого материала на ленту производится через специальную воронку. Съём материала производится через приводной барабан. Для предотвращения самопроизвольного обратного хода ленты после остановки конвейера на валу приводного барабана устанавливают тормоз.

Для транспортирования применяют тканевые прорезиненные ленты, состоящие из нескольких слоёв ткани. Ширина и число прокладок ленты стандартизированы. Чтобы обеспечить нужное натяжение ленты, применяют винтовое или грузовое натяжное устройство. Ход натяжного устройства должен быть в пределах 1-1,5 % от полной длины конвейера. Натяжные устройства коротких конвейеров делают винтовыми, желательно подпружиненными, или грузовыми. При грузовом натяжном устройстве

натяжной барабан устанавливают на тележке, натягиваемой грузом, или делают его в виде промежуточного блока с подвешенным к нему, иногда через полиспаст, грузом. Усилие натяжения ленты должно обеспечить не только необходимую силу трения между лентой и приводными барабанами, но и определённую стрелу провеса грузёной ленты между роликовыми опорами [29].

Исходные данные:

- производительность $\Pi = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- длина горизонтального участка конвейера $L = 10 \text{ м}$;
- транспортируемый материал: золошлаковая смесь;
- привод - в конце горизонтального участка;
- футеровка приводного барабана – без футеровки;
- способ разгрузки груза осуществляется через барабан;
- крупность кусков транспортируемого материала – 50 мм;
- форма рабочей ветви ленты конвейера – плоская.

Расчетная ширина B_p ленты конвейера:

$$B_p = 1,1 \sqrt{\frac{\Pi}{K_n \cdot v} + 0,05}, \quad (6.1)$$

где Π – производительность конвейера, $\Pi = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$;

V – скорость ленты, $V = 2 \text{ м/с}$;

K_n – коэффициент производительности для желобчатой ленты:

$$K_n = 576 \cdot K_\beta \cdot \text{tg}(0,35 \varphi); \quad (6.2)$$

где K_β – коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера к горизонту, $K_\beta = 1$;

φ – угол естественного откоса транспортируемого материала в покое, $\varphi = 40^\circ$.

$$K_n = 576 \cdot 1 \cdot \text{tg}(0,35 \cdot 40) = 143,6;$$

$$B_p = 1,1 \left(\sqrt{\frac{4}{143,6 \cdot 2} + 0,05} \right) = 0,276 \text{ м} = 276 \text{ мм}.$$

Выбираем ленту 2Т2-400-4-ТК-100-5-2 ГОСТ 20-1985.

Погонная весовая нагрузка $q_{л}$ от конвейерной резиноканевой ленты:

$$q_{л} = 1,1 \cdot B \cdot \delta, \quad (6.3)$$

где B – ширина ленты, $B = 400$ мм;

δ – толщина ленты:

$$\delta = \delta_{р} + \delta_{к} + \delta_{н}, \quad (6.4)$$

где $\delta_{р}$ – толщина резиновой обкладки рабочей стороны ленты, $\delta_{р} = 4$ мм;

$\delta_{к}$ – расчетная толщина резиноканевого каркаса, $\delta_{к} = 4,4$ мм;

$\delta_{н}$ – толщина резиновой обкладки нерабочей стороны ленты, $\delta_{н} = 2$ мм.

$$\delta = 4 + 4,4 + 2 = 10,4 \text{ мм};$$

$$q_{л} = 1,1 \cdot 0,4 \cdot 10,4 = 4,58 \text{ кгс/м.}$$

Погонная нагрузка от массы груза (среднее количество на одном метре длины конвейера) при непрерывном потоке груза на конвейере:

$$q = 1000F \cdot \gamma, \quad (6.5)$$

где F – площадь поперечного сечения потока груза на конвейере на плоской ленте:

$$F = 0,05 \cdot B^2; \quad (6.6)$$

где γ – объемная масса груза, $\gamma = 1$ т/м³.

$$F = 0,05 \cdot 0,4^2 = 0,008;$$

$$q = 1000 \cdot 0,008 \cdot 1 = 8 \text{ кгс/м.}$$

Выбор роlikоопор

Для ширины ленты равной 400 мм и насыпной массе груза до 1,0 т/м³ принимаем диаметр роlikоопор 102 мм и предельное расстояние между роlikоопорами рабочей ветви 1500 мм .

Расстояние между роlikоопорами холостой ветви примем 2500 мм.

Погонная нагрузка $q_{к}$ от движущихся частей конвейера:

$$q_{к} = 2q_{л} + q_{р} + q_{х}, \quad (6.7)$$

где $q_{л}$ – погонная весовая нагрузка от конвейерной резиноканевой ленты,
 $q_{л} = 3,43$ кгс/м;

q_p – погонная весовая нагрузка вращающихся частей рабочей роlikоопоры, $q_p = 8,4$ кгс/м;

q_x – погонная весовая нагрузка вращающихся частей холостой, $q_x = 2,5$ кгс/м.

$$q_k = 2 \cdot 3,43 + 8,4 + 2,5 = 17,8 \text{ кгс/м.}$$

Тяговая W_o сила конвейера:

$$W_o = [\omega \cdot L_T (q + q_k) \pm q \cdot H] \cdot m, \quad (6.8)$$

где ω – коэффициент сопротивления, $\omega = 0,022$;

L_T – длина проекции конвейера на горизонтальную плоскость:

$$L_T = L \cdot \cos \beta, \text{ где } L \text{ – длина конвейера, } 10 \text{ м; } \beta \text{ – угол наклона, } 0^\circ.$$

$$L_T = 10 \cdot \cos 0^\circ = 10 \text{ м.}$$

q – погонная весовая нагрузка от груза, $q = 8$ Н/м;

q_k – погонная весовая нагрузка от движущихся частей конвейера,

$$q_k = 17,8 \text{ Н/м;}$$

H – высота подъема (знак плюс) груза, $H = 1$ м;

m – коэффициент функциональных параметров конвейера:

$$m = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot m_4 \cdot m_5 \quad (6.9)$$

где $m_1 = 1,3$; $m_2 = 1$; $m_3 = 1,05$; $m_4 = 1$; $m_5 = 1$.

$$m = 1,3 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 = 1,37;$$

$$W_o = [0,022 \cdot 10 \cdot (8 + 17,8) + 8 \cdot 1] \cdot 1,37 = 18,74 \text{ Н.}$$

Максимальное статическое натяжение ленты прямолинейных конвейеров:

$$S_{\max} = k_s \cdot W_o, \quad (6.10)$$

где k_s – коэффициент обхвата барабана лентой, $k_s = 1,61$.

$$S_{\max} = 1,61 \cdot 18,74 = 30,17 \text{ Н.}$$

Число прокладок i прорезиненной конвейерной ленты и i_p проверяется по формуле:

$$i_p = \frac{S_{\max} n_o}{k_p B} \leq i \quad (6.11)$$

где S_{\max} – максимальное статическое натяжение ленты, $S_{\max} = 30,17$ Н;

n_o – номинальный запас прочности, $n_o = 9$;

k_p – предел прочности прокладок, $k_p = 100 \text{ Н/мм}$;

B – ширина ленты, $B = 30 \text{ см}$.

$$i_p = \frac{30,17 \cdot 9}{100 \cdot 400} = 0,007 < 4 \quad .$$

Требуемые диаметры приводного $D_{пб}$ и натяжного $D_{нб}$ барабанов, длина барабанов:

$$D_{пб} \geq a \cdot i, \quad (6.12)$$

где a – коэффициент диаметра барабана по таблице А18 приложения А, $a = 160$.

$$D_{пб} \geq 150 \cdot 4 = 600 \text{ мм};$$

$$D_{нб} = 0,8 \cdot D_{пб}; \quad (6.13)$$

$$D_{нб} = 480 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр приводного барабана равным 630 мм , тогда диаметр не приводного барабана принимаем 500 мм .

Тормозной момент M_T на приводном валу:

$$M_T = \eta (q \cdot H - C_T (W_0 - q \cdot H)) \cdot \frac{D_0}{2} \quad (6.14)$$

где η – КПД барабана (звездочки);

q – погонная весовая нагрузка, 8 кгс/м ;

H – высота подъема груза, 1 м ;

C_T – коэффициент возможного уменьшения сопротивлений конвейера,

$$C_T = 0,55 - 0,6);$$

W_0 – тяговая сила конвейера, $18,74 \text{ Н}$;

D_0 – диаметр приводного барабана, 630 м .

$$M_T = 0,92 \cdot [8 \cdot 1 - 0,55 (18,74 - 8 \cdot 1)] \cdot 0,63 / 2 = 0,7 \text{ Нм}.$$

Следовательно, выбираем для нашего конвейера муфту-тормоз МУВП-1.

3.2.5 Двухвальный смеситель непрерывного действия

В корпусе двухвального бетоносмесителя вращаются навстречу друг другу два вала, на которых по винтовым линиям установлены перемешивающие лопасти. Валы опираются на выносные подшипники и уплотняются в торцевых стенках барабана. Конусы защищают уплотнения от попадания в них частиц смеси. Сварной корпус бетоносмесителя футерован изнутри износостойкими стальными плитами.

Отдозированные сухие компоненты и вода непрерывно поступают через загрузочное отверстие в смеситель и, благодаря расположенным по винтовой линии лопастям, передвигаются вдоль смесителя и перемешиваются. Лопасти повернуты под углом к плоскости, нормальной оси вала, благодаря чему материал перемещается в радиальном и осевом направлениях. Конструкция предусматривает возможность установки лопастей под различными углами. Чем ближе этот угол к 90° , тем интенсивнее и дольше перемешивание, но при этом снижается скорость перемещения смеси вдоль корпуса, а значит, производительность. Меняя значение угла, можно изменять время перемешивания при переходе на приготовление другой марки бетонной смеси. Наибольшая производительность достигается при величине угла, равной примерно углу трения бетонной смеси о сталь [18].

Готовая смесь поступает в копильник, наличие которого позволяет выгружать смесь заданными пропорциями в транспортные средства циклического действия.

Исходной величиной для определения размеров смесителя является загрузочная емкость V_3 , которую определяем из заданной производительности смесительного агрегата, м^3 ,

$$V_3 = \frac{P \cdot T}{3600}, \quad (7.1)$$

где P - часовая производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$;

T - время перемешивания смеси, $T=90...180$ с, меньшее время для крупнозернистых смесей, большее - для мелкозернистых.

С другой стороны, емкость смесителя по загрузке равна, м^3 ,

$$V_3 = S \cdot L, \quad (7.2)$$

где S - площадь поперечного сечения материала в смесителе, м^2 ;

L - рабочая длина смесителя, м.

Площадь поперечного сечения материала в смесителе подсчитывается по формуле, м^2 ,

$$S = K_H \cdot R^2 \cdot (\pi - 0,5 \cdot (\pi \cdot \varphi/90 - \sin 2\varphi)), \quad (7.3)$$

где K_H - коэффициент заполнения сечения смесителя материалом, $K_H=1,0...1,2$;

R - радиус корпуса смесителя, м;

φ - угол между горизонталью и линией, соединяющей ось вала и нижнюю точку пересечения лопастей, $\varphi=40^\circ$.

$$S = 1 \cdot R^2 \cdot (\pi - 0,5 \cdot (\pi \cdot 40/90 - \sin 80)) = 2,94 \cdot R^2$$

Длина корпуса смесителя ориентировочно определяется, м,

$$L = t_L \cdot Z_L, \quad (7.4)$$

где t_L - расстояние между соседними парами лопастей, м, $t_L = 0,75 R$;

Z_L - число пар лопастей на каждом валу, определяется по формуле

$$Z_L = \delta \cdot K_C \cdot \sin \alpha, \quad (7.5)$$

где δ - число передеформированной смеси для обеспечения качественного перемешивания, $\delta = 40 \dots 50$;

K_C - коэффициент, учитывающий свойства перемешиваемых материалов, для бетонных смесей $K_C = 0,3$; $\alpha = 45^\circ$.

$$Z_L = 50 \cdot 0,3 \cdot \sin 45 = 10,606 \approx 11$$

$$L = 0,75 \cdot R \cdot 11 = 8,25 R \text{ м} \quad (7.6)$$

Подставив значения S и L в формулу (7.2), получим, м^3 ,

$$V_3 = 2,94 \cdot R^2 \cdot 8,25 \cdot R = 24,26 R^3. \quad (7.7)$$

Таким образом, подставив в выражение (7.7) значение величины загрузочной емкости из формулы (7.1), получим выражение для расчета радиуса корпуса смесителя, м,

$$R = (\sqrt[3]{(\pi \cdot T)}) / 44,37$$

$$R = (\sqrt[3]{(7 \cdot 180)}) / 44,37 = 0,24$$

Расстояние между центрами валов, м,

$$a = 2 \cdot R \cdot \cos\alpha = 2 \cdot 0,24 \cdot \cos 45 = 0,34$$

Ширина корпуса смесителя, м,

$$B = 2 \cdot R + a = 2 \cdot R + 1,5 \cdot R = 3,5 \cdot R = 3,5 \cdot 0,24 = 0,84$$

Высота корпуса от оси вала, м,

$$h = 1,35 \cdot R = 1,35 \cdot 0,24 = 0,32$$

Общая высота корпуса, м,

$$H = h + R = 0,32 + 0,24 = 0,56$$

Длина корпуса смесителя, м,

$$L = 8,25 \cdot R = 1,98 \text{ м.}$$

Ширина лопастей $b_{л} = 0,42 \cdot R = 0,42 \cdot 0,24 = 0,1$ м; высота лопастей $h_{л} = 0,5 \cdot R = 0,5 \cdot 0,24 = 0,12$ м.

$$\text{Частота вращения смесительных валов } n = \frac{0,755}{\sqrt{R}} = \frac{0,755}{\sqrt{0,24}} = 1,54 \text{ об/с}$$

Мощность электродвигателя бетоносмесителя, кВт,

$$N = (2 \cdot K \cdot Z_{в} \cdot Z_{л} \cdot b_{л} \cdot \cos\alpha \cdot h_{л} \cdot (R - 0,5 \cdot h_{л}) \cdot w) / (1000 \cdot \eta),$$

где K - удельный коэффициент сопротивления движению лопастей в смеси, Па, $K = 70 \cdot 10^3$;

$Z_{в}$ - количество валов, установленных на бетоносмесителе;

w - скорость вращения вала, рад/с;

η - КПД привода смесителя, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

$$N = (2 \cdot 70 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 0,1 \cdot \cos 45 \cdot 0,12 \cdot (0,24 - 0,5 \cdot 0,12) \cdot 1,54) / (1000 \cdot 0,8) = 9,06 \text{ кВт.}$$

Технические характеристики выбранного смесителя представлены в таблице 11.

Таблица 11 -Технические характеристики двухвального смесителя БП-2Г-375

Показатель	Единицы измерения	Численное значение
Производительность	м ³ /ч	18
Частота вращения рабочих валов	об/мин	42
Длина корыта в свету	м	3
Ширина корыта	м	1,4
Наружный диаметр лопастей	мм	600
Шаг лопастей	мм	560
Зазор между лопастями и внутренней поверхностью корыта	мм	не более 12
Мощность привода электродвигателя	кВт	30
Габаритные размеры:	мм	
длина		5500
ширина		1800
высота		1950
Масса	кг	3500

3.2.6 Вибропресс

Вибропресс Форманта Геркулес спроектирован на специальной раме. За счет сменной формообразующей оснастки (пуансон-матриц) можно производить изделия высотой от 40 мм и более 300 видов разнообразных изделий.

Готовая бетонная смесь попадает в накопительный бункер вибропресса. Технологический поддон поступает на вибростол. На поддон при помощи гидроцилиндров устанавливается матрица. Загрузочный ящик при помощи гидроцилиндра поступает в зону матрицы, где происходит заполнение матрицы. После полного заполнения матрицы, излишки смеси остаются в загрузочном ящике. Посредством гидроцилиндров опускается пуансон и матрица подвергается вибрации. Под давлением гидроцилиндра и включенной вибрации с частотой 80Гц происходит формование изделий до определенного момента (соприкосновения упорных болтов), задаваемых постоянную высоту тех или иных изделий. Тем самым при последующих формовках изделия выходят с постоянной высотой.

По окончании формования при помощи гидроцилиндров поднимается матрица, затем поднимается пуансон. Подача и уборка поддонов из зоны формования осуществляется с помощью конвейера перемещения поддонов. Поддоны автоматически перемещаются на стеллаж, который установлен на рольганге. Ёмкость стеллажа 5 поддонов. Заполненный продукцией стеллаж убирается с помощью крана(кран-балки).

Полный цикл работы (от автоматической подачи пустого поддона в зону формования до выхода поддона с готовыми изделиями) длится 25-50 секунд.

Универсальность вибропресса, производящего бетонную продукцию по технологии объемного вибропрессования, заключается в возможности изготовления на нем как стеновых, так и дорожных строительных изделий. При всем многообразии предлагаемого на рынке строительной техники вибропрессующего оборудования, лишь вибропрессы нескольких российских и зарубежных фирм обеспечивают изготовление действительно качественных, соответствующих стандартам, бетонных строительных мелкоштучных изделий в полном размере своей зоны формования при коэффициенте уплотнения, практически равным 1,0.

Технические характеристики выбранного вибропресса представлены в таблице 12.

Таблица 12 -Технические характеристики вибропресса

Показатель	Единицы измерения	Численное значение
Мощность	кВт	8,4
Высота формовочной зоны	мм	40-220
Размер формовочной зоны	мм	450x900
Формовочный поддон	мм	500x1000x20
Количество формовок за смену	шт	4000
Время цикла формования	сек	15-40
Ёмкость накопительного бункера	м ³	0,9
Давление в гидросистеме	МПа	7-8
Частота вибрации стола	Гц	80
Общая масса вибропресса	кг	1600

3.2.7 Пропарочная камера

Парогенераторы широко используют для тепловлажностной обработки бетонных изделий, поскольку пар позволяет поддерживать сразу два необходимых параметра - температуру на уровне 50-70⁰ и влажность на уровне 90-100%. Применение современных автоматизированных парогенераторов и приборов контроля, позволяет организовать подобные камеры с автоматическим поддержанием заданных параметров температуры, влажности и времени пропаривания, что значительно повышает качество различных изделий из бетона. Обработка паром позволяет вдвое ускорять процесс производства изделий из бетона без потери качества изделий, при этом значительно экономится производственная площадь, вырастает производительность и рентабельность производства.

Пропарочную камеру изготавливают из сборно-щитовых утепленных панелей. Стены камеры утепляют влагостойким утеплителем, лучше всего для этих целей подходит пенопласт, так как он обладает низкой степенью водопоглощения и стоек к длительному воздействию влаги. Пол стационарной камеры выполняют из бетона уложенного на теплоизолирующий слой. При укладке пола выполняется уклон не менее 0,5° для стока конденсата. На входе и выходе из камеры необходимо оборудовать шторы из теплостойкой резины или пластика для уменьшения потерь тепла и влажности в камере. В крыше камеры обязательно устанавливают вытяжную трубу с заслонкой и выходом в атмосферу, это необходимо для вытеснения воздуха из камеры и перевода среды камеры из паровоздушной в чисто паровую, что способствует улучшению качества изделий.

Паропроводы изготавливают из перфорированных стальных труб, диаметром обеспечивающим равномерное распределение пара по всему помещению. Паропроводы укладываются в нижней части камеры, по периметру, а в случае если продукция устанавливается в несколько рядов, то между рядами также прокладывают паропроводы. В нижней части

труб необходима установка сборников конденсата. На различных участках паропровода устанавливаются запорно-регулирующие вентили и автоматические клапаны, согласно выбранной технологической схемы пропаривания. Еще более эффективным является прокладка паропроводов как в нижней зоне камеры, так и в верхней, при попеременной подаче пара из верхней зоны в нижнюю и наоборот, улучшается подвижность паровоздушной среды и как следствие, равномерный прогрев изделий, при этом диаметр отверстий-сопел делается более 15 мм, что тоже улучшает подвижность среды. Такой способ пропаривания значительно экономичнее и эффективнее, поскольку теплоотдача подвижной среды в десять раз эффективнее неподвижной, и как следствие вырастает оборачиваемость камеры и форм, но такой способ пропаривания эффективен только при полной автоматизации процесса [19].

Управление процессом пропаривания, предполагает множество различных электронных систем и методик, при помощи которых достигаются высокие результаты качества и экономичности работы камер. Схема управления выполнена на базе прибора ТРМ-151, который позволяет на программном уровне контролировать процесс начального разогрева камеры, последующий процесс изотермической выдержки и режима охлаждения изделий. К прибору подключаются два датчика тепла, устанавливаемые в верхней и нижней зонах.

Размеры камеры принимаем исходя из количества блоков, подвергающихся тепловлажностной обработке одновременно. В нашем случае для пропаривания необходимо обеспечить площадь под 4000 блоков. При выборе размеров следует учитывать размеры блока, количество поддонов и блоков на поддоне. Следовательно, размеры камеры: длина 7,5 м, ширина 4,5 м, высота 5 м.

3.3 Ведомость оборудования

На основе полученных данных составляем ведомость технологического оборудования и представляем в таблице 13.

Таблица 13 - Ведомость технологического оборудования.

Наименование оборудования и его марка	Техническая характеристика оборудования		Количество
	Показатели	Численное значение	
Ленточный конвейер КЛ-ПР 400	Производительность, т/ч Ширина ленты, мм Длина конвейера, мм	до 60 400 10000	1
Винтовой конвейер КВ-2(Г1-20-16П)	Производительность, м ³ /ч Диаметр винта, мм Мощность привода, кВт	1,5-6,4 200 1,5-5,5	1
Дозатор весовой СБ-75А	Производительность, т/ч Мощность электродвигателя, кВт	4-25 1,18	1
Дозатор весовой СБ-26А	Производительность, т/ч Мощность электродвигателя, кВт Максимальный размер заполнителя, мм	8-40 0,16 40	1
Двухвальный бетоносмеситель	Производительность, м ³ /ч Частота вращения рабочих валов, об/мин Мощность электродвигателя, кВт Габаритные размеры, мм: длина ширина высота Масса, кг	18 42 30 5500 1800 1950 3500	1
Вибропресс Форманта Геркулес	Производительность, м ³ /ч Мощность, кВт Высота формовочной зоны, мм Размер формовочной зоны, мм Время цикла формования, сек Частота вибрации стола, Гц Общая масса вибропресса, кг	7 8,4 40-220 450x900 15-40 80 1600	1
Пропарочная камера	Длина камеры, мм Ширина камеры, мм Высота камеры, мм	7500 4500 5000	1

В ходе технологической части была выбрана технологическая схема производства мелкоштучных стеновых камней по вибрационной технологии. Разработана технологическая линия, включающая смесительное и формовочное оборудования, пропарочную камеру. Произведен расчет оборудования и его выбор по производительности.

4 Экология

В результате развития производства в хозяйственный оборот вовлекается все большее количество природных ресурсов. Однако степень их рационального применения в целом весьма низкая. Ежегодно используется около 10 млрд т минеральных и почти столько же органических сырьевых продуктов. Около 70% затрат в промышленности стран СНГ приходится на сырье, материалы, топливо и энергию. И в то же время от 10 до 99% исходного сырья превращается в отходы, выбрасываемые в атмосферу и водоемы, загрязняющие землю.

Возросшее потребление минерального сырья приводит к накоплению огромных объемов отходов, а их удаление и складирование не оправдывается экономически. Промышленное производство растет во всем мире из года в год, и пропорционально его росту увеличивается количество отходов, возрастая приблизительно в 2 раза за 8 - 10 лет.

Огромные количества промышленных отходов накапливаются в отвалах. Для складирования отходов отчуждаются огромные площади земельных угодий. Под отвалы промышленных предприятий заняты сотни тысяч гектаров земель, которые пригодны для сельскохозяйственного производства.

Транспортирование и складирование отходов отвлекают значительные средства от основного производства. На организацию и эксплуатацию отвалов, например, предприятий угольной и энергетической отрасли

расходуются средства, составляющие 8 - 10% стоимости добываемого угля, производимой энергии и пара.

Промышленные отходы отрицательно влияют на экологические факторы. Прежде всего это относится к составу воздуха, эдафическим, гидрохимическим и гидрофизическим факторам. Эдафические факторы включают химический состав и структуру веществ, циркулирующих в почве; гидрохимические и гидрофизические - объединяют все факторы, связанные с водой как средой обитания разнообразных живых организмов.

Промышленные отходы, сосредоточенные в отвалах, шлакоотвалах загрязняют поверхностный сток в районах размещения промышленных предприятий. Сброс промышленных отходов приводит к загрязнению вод Мирового океана, которое вызывает резкое снижение его биологической продуктивности и отрицательно влияет на климат планеты.

Образование отходов в результате деятельности промышленных предприятий негативно сказывается на качестве почвы, в которой накапливаются избыточные количества губительно действующих на живые организмы соединений, в том числе канцерогенных веществ. В загрязненной почве происходят процессы ее деградации и нарушается жизнедеятельность почвенных организмов.

Высокая загрязненность окружающей среды в результате выбросов и накопления отходов представляет потенциальную опасность для естественных экологических систем различного уровня, а также для здоровья человека.

Эффективное решение проблемы промышленных отходов - это внедрение безотходной технологии. Безотходные производства основаны на принципиальном изменении технологических процессов, разработке систем с замкнутым циклом, обеспечивающих многократное использование продуктов, и комплексном использовании сырья.

При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы или побочные продукты одних производств являются

исходными материалами других. Важность комплексного использования сырьевых материалов можно рассматривать в нескольких аспектах. Во-первых, утилизация отходов позволяет решать задачи по охране окружающей среды, освобождать ценные земельные угодья, отчуждаемые под отвалы и шламохранилища, устранять вредные выбросы в окружающую среду. Во-вторых, отходы промышленности в значительной степени покрывают потребность ряда перерабатывающих отраслей в сырье, причем во многих случаях высококачественном, подвергнутом в процессе производства первичной технологической обработке (измельчению, обжигу и т. д.). В-третьих, при комплексном использовании сырья снижаются удельные капитальные затраты на единицу продукции и уменьшается срок их окупаемости; снижаются также непроизводительные расходы основного производства, связанные со складированием отходов, строительством и эксплуатацией хранилищ для них; уменьшаются затраты, расход теплоты и электроэнергии на новую продукцию за счет технологической подготовленности отходов; увеличивается производительность оборудования.

Промышленность строительных материалов - базовая отрасль строительного комплекса. Она относится к числу наиболее материалоемких отраслей промышленности. Материалоемкость определяется отношением количества или стоимости израсходованных на производство продукции материальных ресурсов к общему объему продукции. Учитывая, что многие минеральные и органические отходы по своему химическому составу и техническим свойствам близки к природному сырью, а во многих случаях имеют и ряд преимуществ (предварительная термическая обработка, повышенная дисперсность и др.), применение в производстве строительных материалов промышленных отходов является одним из основных направлений снижения материалоемкости этого массового многотоннажного производства. В то же время снижение объемов разрабатываемого природного сырья и утилизация отходов имеет существенное экономико-

экологическое значение. В ряде случаев применение сырья из отвалов промышленных предприятий практически полностью удовлетворяет потребности в природных ресурсах.

Большое количество отходов в виде золы и шлаков, а также их смесей образуется при сжигании твердых видов топлива. Их выход составляет: в бурых углях - 10-15%, каменных углях - 5-40%, антраците - 2-30%, горючих сланцах - 50-80%, топливном торфе - 2-30%. В производстве строительных материалов обычно используются золы сухого удаления и золошлаковая смесь из отвалов. Наиболее значительными направлениями использования топливных зол и шлаков являются дорожное строительство, производство вяжущих, тяжелых и ячеистых бетонов, легких заполнителей, стеновых материалов. В тяжелых бетонах золы используют в качестве активной минеральной добавки и микрозаполнителя, что позволяет снизить расход цемента на 20 - 30%. В легких бетонах на пористых заполнителях золы применяют не только как добавки, снижающие расход цемента, но и как мелкий заполнитель, а шлаки в качестве пористого песка и щебня. Золы и шлаки используются также для изготовления искусственных пористых заполнителей легких бетонов. В ячеистых бетонах зола применяется как основной компонент или добавка для снижения расхода вяжущего.

Таким образом, использование отходов топливно-энергетической промышленности поможет сократить пыление в воздухе, что улучшит экологическую обстановку в городе, так как большинство золоотвалов ТЭЦ находятся в черте города. Также сократятся площади отвалов, что даст возможность расширению земель для сельскохозяйственного производства.

5 Обеспечение безопасности при производстве

Безопасность при производстве изделий обеспечивается выбором технологических процессов, приемов и режимов работы оборудования, рациональностью его размещения.

В инструкциях по охране труда содержатся правила выполнения работ и поведения рабочих и служащих в производственных помещениях и на строительных площадках. Работники обязаны также соблюдать установленные требования обращения с машинами и механизмами, пользоваться выдаваемыми им средствами индивидуальной защиты. Это неотъемлемая часть обязанности соблюдения дисциплины труда.

С целью охраны здоровья работников проводят медицинские осмотры. Рабочих и служащих, нуждающихся по состоянию здоровья в более легкой работе, администрация обязана перевести с их согласия на такую работу в соответствии с медицинским заключением временно или без ограничения срока.

К обслуживанию оборудования допускают рабочих, знающих его устройство, принцип действия и правила эксплуатации, а также прошедших инструктаж по технике безопасности. Работающие должны знать расположение пусковых приборов около рабочего места для возможно быстрого отключения его при авариях или несчастных случаях, а при дистанционном автоматизированном управлении машинами следить за тем, чтобы устройство выключения, расположенное около машины, всегда было действующим.

Перед пуском машин в работу необходимо убедиться, что около движущихся частей никого нет. Не разрешаются пуск и работа оборудования с неисправными или снятыми ограждениями. Во избежание травмирования при работе машин и оборудования на ходу запрещается снимать или надевать приводные ремни, регулировать натяжение цепей или ремней; снимать ограждение; производить смазку частей оборудования, подтягивать болтовые соединения, регулировать и устранять всякого рода неисправности. Все оборудование должно быть в полной исправности; эксплуатация технически неисправного оборудования запрещается.

Камеры тепловлажностной обработки оборудуются программными регуляторами, обеспечивающими автоматическое поддержание заданных

условий ТВО. Парораспределительные устройства пропарочных камер необходимо ограждать или устанавливать в местах, исключающих возможность ожогов обслуживающего персонала. Паропроводы следует покрывать теплоизоляцией. Пульт автоматического регулирования режима термообработки должен располагаться в отдельном помещении.

Ремонтировать паропроводы и вентили, находящиеся под давлением запрещается.

Доступ рабочих в камеры пропаривания разрешается только после того, как температура в камере снизится до 40°C. Перед началом ремонтных работ в камере необходимо извлечь керамические предохранители на рубильнике и повесить табличку с надписью: «Осторожно! Работают люди!»

Рабочие должны быть снабжены спецодеждой, спецобувью и индивидуальными защитными средствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были выполнены поставленные задачи. Изучены свойства топливных отходов, поступающих с Красноярских ТЭЦ. Установлено, что наиболее высокой гидравлической активностью обладает зола ТЭЦ-2, имеющая прочность при сжатии 7,95 МПа. Золошлаковая смесь с Красноярской ТЭЦ-1 относится к мелкозернистым и может использоваться для изготовления плотного золошлакобетона. Разработан состав бесцементного вяжущего на основе зольно-кремнеземистой композиции, имеющей прочность 21,3 МПа. Разработан состав золошлакобетона на основе бесцементного вяжущего и мелкозернистой золошлаковой смеси, который имеет прочность 18,2 МПа.

В технологической части была выбрана технологическая схема производства мелкоштучных стеновых камней по вибрационной технологии. Разработана технологическая линия, включающая смесительное и формовочное оборудования, пропарочную камеру. Произведен расчет оборудования и его выбор по производительности.

Обобщены мероприятия по экологии разработанной технологии и методы для обеспечения безопасности при производстве.

Разработанная технология золошлакобетона является экономичной, так как позволяет заменить высокоэнергоемкий портландцемент на отходы производства - золу-унос ТЭЦ и отходы металлургической промышленности в виде твердого продукта – микрокремнезем.

Производство золошлакобетона на основе бесцементных композиций и золошлакового заполнителя позволит расширить номенклатуру эффективных и экономичных местных строительных материалов и решить проблему утилизации двух отраслей промышленности – металлургической и топливно-энергетической.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барабанщиков, Ю. Г. Строительные материалы и изделия: учебное пособие / Ю. Г. Барабанщиков. - М.: Академия, 2008. - 368 с.
2. Волженский, А. В. Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов / А. В. Волженский, Б. А. Буров, В. Ю. Баженов. - М.: Стройиздат, 1969. - 392 с.
3. Горчаков, Г. И. Строительные материалы / Г. И. Горчаков, Ю. М. Баженов. - М.: Интегра, 2012. - 688 с.
4. Горшков, В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В. С. Горшков. - М.: Высшая школа, 1981. - 285 с.
5. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. - Введ. 01.01.1991. - Москва: Стройиздат, 1990. - 31 с.
6. ГОСТ 25592-91 Смеси золошлаковые тепловых электростанция для бетонов. - Введ. 01.07.1991. - М.: Стройиздат, 1992. - 14 с.
7. ГОСТ 25818 - 91. Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. - Введ. 01.07.1991. - М.: Стройиздат, 1992. - 12 с.
8. ГОСТ 30744-2001. Цементы. Методы испытаний. - Введ. 01.03.2002. - Москва: Стройиздат, 2002. - 35 с.
9. ГОСТ Р 56178-2014 Модификаторы органо-минеральные типа МБ для бетонов, строительных растворов и сухих смесей. Технические условия. - Введ. 01.04.2015. - Москва: Стандартинформ, 2015. - 28 с.
10. ГОСТ 6133-99 Камни бетонные стеновые. Технические условия. - Введ. 01.01.2002. - М.: Госстрой, 1984. - 43 с.
11. ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия. - Введ. 01.01.2012. - Москва: Стройиздат, 2012. - 16 с.
12. Данилович, И. Ю. Использование топливных шлаков и зол для производства строительных материалов: учебное пособие / И. Ю. Данилович, Н. А. Сканава. - М.: Высшая школа, 1988. - 72 с.

13. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. - 368 с.
14. Дворкин, Л. И. Испытания бетонов и растворов. Проектирование их составов: учебное пособие / Л. И. Дворкин, В. И. Гоц, О. Л. Дворкин. - Москва : Инфра-Инженерия, 2014. - 433 с.
15. Журавлев, М. И. Механическое оборудование предприятий вяжущих материалов и изделий на их базе: учебное пособие / М. И. Журавлев. - М: Интегра, 2016. - 232 с.
16. Касторных, Л. И. Добавки в бетон и строительные растворы: учебно-справочное пособие / Л. И. Касторных. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2007г. -221с.
17. Костин, В. В. Основные свойства бесцементных легких и тяжелых бетонов на основе зол КАТЭК / В. В. Костин, В. А. Безбородов // Известия высших учебных заведений. Строительство.- 2001. -№ 12. - С.33-37.
18. Лещинский, А. В. Расчет бетоносмесительных установок: учебное пособие / А. В. Лещинский. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2014. - 105с.
19. Мартынов, В. Р. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В. А. Бауман, Б. В. Клушанцев, В. Р. Мартынов. -М.: Машиностроение, 1975. - 351 с
20. Наназашвили, И.Х. Ресурсосбережение в строительстве: справочное пособие / - Москва: Изд-во АСВ. - 488 с.
21. Овчаренко, Г. И. Оценка свойств зол углей КАТЭКа и их использование в тяжелых бетонах / Г. И. Овчаренко, Л. Г. Плотникова, В. Б. Францев. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 1997. - 149 с.
22. Павленко, С. И. Мелкозернистые бетоны из отходов промышленности: учебное пособие / С. И. Павленко. - М.: Изд-во АСВ, 1997. - 176 с.

23. Павленко, С. И. Новое композиционное вяжущее и мелкозернистый бетон на его основе из вторичных минеральных ресурсов: монография / С. И. Павленко, А. В. Аксенов. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 138 с.
24. Плотников, В. В. Химия вяжущих материалов и бетонов: учебное пособие / В. В. Плотников. - Москва: Изд-во АСВ, 2015. - 399 с.
25. Попов, Л. Н. Лабораторные испытания строительных материалов и изделий / Л. Н. Попов. - М.: Интегра, 2015. - 168 с.
26. Ратинов, В. Б. Добавки в бетон / В. Б. Ратинов, Т. Н. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. – 187с.
27. Савинкина, М. А. Зола канско-ачинских бурых углей / М. А. Савинкина, А. Т. Логвиненко. - Новосибирск: Наука, 1979. - 165 с.
28. СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Красноярск : ИПК СФУ, 2014. – 60 с.
29. Турышева, Е. С. Механическое оборудование: учебное пособие по лабораторному практикуму / Е. С. Турышева, Р. Т. Емельянов. - Красноярск: Изд-во СФУ, 2013. - 99 с.
30. Шевченко, В. А. Ресурсосберегающие технологии: методические указания к лабораторным работам / В. А. Шевченко, Ю. С. Шилов, Р. А. Назиров. - Красноярск: Изд-во СФУ, 2007. - 26 с.