

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

Инженерно-строительный институт

Строительные материалы и технологии строительства  
*кафедра*

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

И.Г. ЕНДЖИЕВСКАЯ  
*подпись      инициалы, фамилия*

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01 «Строительство»  
*код, наименование направления*

Технологическая линия по производству пенобетона методом сухой минерализации.

Руководитель	_____	<u>доцент, канд.техн.наук</u>	<u>И.Г. Калугин</u>
	<i>подпись, дата</i>	<i>должность, ученая сте</i>	<i>инициалы, фамилия</i>
Выпускник	_____		<u>А.П. Гермогенова</u>
	<i>подпись, дата</i>		<i>инициалы, фамилия</i>

Красноярск 2020

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

Инженерно-строительный институт  
*институт*  
Строительные материалы и технологии строительства  
*кафедра*

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ И.Г. ЕНДЖИЕВСКАЯ  
*подпись      инициалы, фамилия*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту Гермогеновой Айыыне Петровне

*фамилия, имя, отчество*

Группа СБ 16-41ПБ Направление (профиль) 08.03.01

*(номер)*

*(код)*

«Строительство» - профиль «Технолог бетонного производства»

*наименование*

Тема выпускной квалификационной работы Технологическая линия по

производству пенобетона методом сухой минерализации

Утверждена приказом по университету № 7679/с от 11.06.2020 г.

Руководитель ВКР И.Г. Енджиевская, к. т. н., доцент кафедры СМиТС

ИСИ СФУ

*инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы*

Исходные данные для ВКР бакалавра Разработать технологическую

линию по производству пенобетона методом сухой минерализации

Перечень разделов ВКР бакалавра Состояние вопроса, технология

производства, общие выводы

Перечень графического материала Технология производства – 4 листа

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_   
подпись

И.Г. Калугин  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_   
подпись

А.П.Гермогенова,  
инициалы и фамилия

« 04 » июня 2020 г.

## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа по теме «Технологическая линия по производству пенобетона методом сухой минерализации» включает пояснительную записку, содержащую 53 страницы текста, 4 листов графического материала формата А1, 20 использованных источников.

**ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН, ПЕНОБЕТОН, МЕТОД СУХОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ.**

Объектом работы является пенобетон, который производят методом сухой минерализации.

Целью этой работы является разработка технологической линии по производству пенобетона методом сухой минерализации.

В результате сделанной работы было подобрано оборудование и составлена линия.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Состояние вопроса .....	8
1.1 Требования к сырью.....	8
1.2 Требования к пенобетону .....	8
1 Техничко-экономическое обоснование.....	10
1.1 Пенобетон. Неавтоклавный пенобетон. Преимущества и недостатки ...	10
1.2 Разница автоклавного и неавтоклавного пенобетона.....	11
1.3 Характеристика производимого продукта.....	11
1.4 Газобетон и его сравнение с пенобетоном .....	13
1.5 Пенобетон - сравнение с другими материалами и область его применения .....	15
2 Технологическая часть .....	17
2.1 Существующие технологии в современном производстве пенобетона .	17
2.1.1 Способ сухой минерализации .....	17
2.1.2 Классический способ .....	21
2.1.3 Баротехнология.....	22
2.1.4 Способ аэрации.....	24
2.1.5 Турбулентно-кавитационный способ под давлением.....	25
2.1.6 Способ «обжатиe-релаксация» в непрерывном режиме .....	26
2.2 Технологическая схема производства.....	28
2.3 Технологические операции производства пенобетона.....	30
2.4 Механическое оборудование .....	31
2.5 Расчет турбулентного смесителя .....	34

2.6	Описание резательного комплекса .....	36
2.7	Расчет вместимости складов .....	39
2.7.1	Вместимость склада цемента .....	39
2.7.2	Вместимость склада заполнителя .....	39
2.8	Хранение и транспортировка .....	40
3	Экология и безопасность жизнедеятельность .....	41
3.1	Охрана окружающей среды.....	41
3.2	Обеспечение безопасности работ на производстве .....	42
3.3	Электробезопасность .....	44
3.4	Вибрация .....	46
3.5	Производственный шум.....	47
3.6	Освещение .....	49
	ВЫВОД.....	51
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	52

## ВВЕДЕНИЕ

Строительные материалы всегда были и будут являться перспективным направлением. За счет этого повышается население городов и увеличивается загородное строительство.

А. Эриксона в начале XX века изобрел материал близкий по характеристикам к дереву - это был ячеистый бетон. Технологии получения искусственного камня, с близкими к дереву характеристиками. В 40 странах пенобетон широко использовался уже в 70-ые годы. У нашей страны также есть опыт работы с пенобетоном. Первые дома сделанные полностью из пенобетона появились у нас в 1953 году в Березниках. Если сравнить пенобетон с остальными теплоизоляционными материалами, то он экологически чист, морозостоек, паропроницаем, долговечен, но воздухонепроницаем. Обладает хорошей адгезией к конструктивным слоям, отделочным материалам, арматуре, биостоек, огнеупорен, дешев, прост в изготовлении. Вместе взятые эти свойства обеспечивают пенобетону возможность широкого применения.

Пенобетон можно производить разными способами производства. При производстве пенобетона классическим методом имеется ряд недостатков, которые можно избежать при производстве «сухим» методом. Например, классический способ многоступенчатый, следовательно, увеличивается время производства, это снижает производительность. Также при одинаковом количестве цемента и песка, пенобетон, полученный методом сухой минерализации, будет крепче пенобетона полученного обычной технологией.

Работа направлена на разработку технологической линии по производству пенобетона методом сухой минерализации.

## **1 Состояние вопроса**

### **1.1 Требования к сырью**

Для производства пенобетона не требуется высокопрочный цемент, разрешается применение портландцемент(ПЦ) и шлакопортландцемент(ШПЦ). Вяжущее должно соответствовать требованиям ГОСТ 10178. Цемент не должно содержать добавок трасов, трепела, глиежа и т.д. Рекомендуется использовать марку – ПЦ 500, разрешается и применение шлакопортландцемента ШПЦ 500.

К заполнителю не предъявляется особых требований, он должен соответствовать ГОСТ 8736. Желательно использовать песок, в котором фракций более 1,5 мм больше.

Песок должен соответствовать ГОСТ 8736, содержащий SiO<sub>2</sub> не менее 90% или кварца не менее 75%, слюды не более 0,5%, илистых и глинистых примесей не более 3%.

Вода должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732. Иными словами, вода не должна содержать вредных примесей, не должна быть сточной, торфяной или болотной и содержание в ней хлоридов, солей, сульфатов не должно превышать норм указанных в ГОСТ 23732.

В качестве пенообразователя могут использоваться протеиновые или белковые, так и синтетические составы. На сегодняшний день популярными являются синтетические составы, так как их расход меньше (отсюда и себестоимость), чем остальные пенообразователи. Но некоторые производители беспокоясь об экологической безопасности используют натуральные пенообразователи.

### **1.2 Требования к пенобетону**

1. Строение. Материал должен быть однородным, без посторонних включений.

2. Внешний вид. Пенобетон должен иметь точные размеры , правильную геометрическую форму и не иметь трещин.

3. Размеры. Блоки должны соответствовать заданным размерам.

4. Теплопроводность. Пенобетона для марки А, стандартизирована в пределах 0,085, для марки Б- не более 0,005. Контрольный замер проводится после полной просушки материала

5. Водопоглощение. Ограничивается соответственно 25 и 20 процентами

6. Морозостойкость. Насыщенный водой материал должен выдержать 15 циклов замораживания-оттаивания.

## **1 Технико-экономическое обоснование**

### **1.1 Пенобетон. Неавтоклавный пенобетон. Преимущества и недостатки**

Пенобетон является недорогим, экономичным, прочным, экологически чистым. По экологической чистоте он уступает только дереву, но в отличие от него он не горюч и долговечен. Этот продукт может быть теплоизоляционным и конструкционным. Пенобетон можно штукатурить, красить фасадными красками. Пенобетон, в отличие от других материалов, со временем только набирает свою прочность и теплоизоляционные свойства. С точки зрения долговечности пенобетон в отличие от минеральной ваты и пенопластов, теряющих свои свойства, со временем только улучшает свои теплоизоляционные и прочностные показатели. Пенобетону свойственно регулирование влаги в помещении, за счет впитывания и отдачи влаги, к тому же пенобетон позволяет избегать высоких температур. Легкость пенобетона и его большие размеры позволяют в несколько раз увеличить скорость кладки. Благодаря своим параметрам пенобетон удобен для транспортировки.

Жилье из пенобетона имеет следующие показатели:

- стены дышащие и не отпотевающие;
- сохранение тепла зимой и прохлады летом;
- экономия энергии на отопление;
- отличную звукоизоляцию – 60 ДБ;
- идеальную поверхность под любой вид отделки;
- высокую огнестойкость;
- хорошую распиливаемость.

Пенобетон можно классифицировать по разным показателям: по функциональному назначению, по виду вяжущего, по виду кремнеземистого компонента, по способу твердения (автоклавный и неавтоклавный).

## 1.2 Разница автоклавного и неавтоклавного пенобетона

По способу твердения пенобетон бывает неавтоклавные, к ним относится пропаривание, электропрогрев и другие виды твердения при нормальном давлении, и автоклавные, они набирают прочность под повышенной температурой и давлением. К минусам неавтоклавного пенобетона можно отнести не высокую прочность, как при изгибе, так и при сжатии. Достаточно большое количество отходов остается при производстве данного бетона. К тому же, если обычный бетона при естественном твердении набирает 90-100% своей прочности, то за это время пенобетон наберет лишь 50% прочности. Остальные 90-100% прочности пенобетон наберет в следующие месяцы.

## 1.3 Характеристика производимого продукта

Равномерное распределение пузырьков по массе бетона – это и есть принцип создания пенобетона. Его получают механическим путем, через перемешивание бетонной смеси и за ранее приготовленной пеной. Пену готовят в специальных пеногенераторах или в бароустановке.

Основные свойства и характеристики пенобетона представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные свойства и характеристики пенобетона

Вид пенобетона	Марка пенобетона по средней плотности	Пенобетон неавтоклавный	
		класс по прочности на сжатие	марка по морозостойкости
Теплоизоляционный	D400	B0,75	Не нормируется
	D500	B1	Не нормируется
Конструктивно - теплоизоляционный	D600	B2,5	От F15 до F35
	D700	B3,5	От F15 до F50
	D800	B5	От F15 до F75
	D1000	B7,5	От F15 до F50
Конструкционный	D1100	B10	
	D1200	B12,5	

Класс прочности: Бетоны подразделяют на классы приведенные в таблице 2: В0,5, В1,5, ... , В60, которые определяются величиной гарантированной прочности на сжатие.

При производстве важно знать среднюю прочность - МАРКУ, которые бывают М5 .... М600 и выше.

Приблизительно перевести КЛАСС бетона в МАРКУ можно разделив класс на 0,77 умножив результат на 10 и округлив до 5 в последней цифре.

Например В1 = М15

Есть ещё ГОСТ 25192-82 по маркам и классам.

Теперь смотрим таблицу 2 и видим, что для пенобетона марки 600 установлен средний класс по прочности на сжатие В2, т.е.  $(2/0,77)*10=26$ .

Т.е. получается марка пенобетона М26.

На всякий случай: Марка - это показатель прочности, обозначается "М" с цифровым значением. Цифры показывают, какую нагрузку на 1 кв.см. может выдержать изделие. Например, марка 100 (М100) обозначает, что изделие гарантированно выдержит нагрузку в 100 кг на 1 кв.см. Получаем что пенобетон плотностью 600 может выдержать нагрузку 26 кг на 1 кв.см.

Морозостойкость(F) – это способность сохранять свои свойства при многократном переменном замораживании и оттаивании. Марки по морозостойкости приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Марка по прочности и морозостойкости пенобетона

Вид бетона	Марка бетона по средней плотности	Бетон автоклавный		Бетон неавтоклавный	
		класс прочности на сжатие	по марка по морозостойкости	класс прочности на сжатие	по марка по морозостойкости
	D300	В0,75		—	—
		А0,5			
Теплоизоляционный	D350	В1	Не нормируется		
		В0,75			
	D400	В1,5		В0,75	

Продолжение таблицы 2.

		А1		А0,5	Не нормируется
	D500	—	—	А1	
				В0,75	
Конструкционно-	D500	А2,5			
теплоизоляционный		А2	От F15 до F35	—	—
		А1,5			
		А1			
	D600	В3,5			
		В2,5	От F15 до F75	А2	От F15 до F35
		В2		В1	
		В1,5			
		В5		В2,5	
	D700	В3,5		А2	От F15 до F50
Конструкционно-		В2,5		В1,5	
теплоизоляционный		А2	От F15 до F100		
		В7,5		А3,5	
	D800	А5		А2,5	
		В3,5		А2	
		В2,5			От F15 до F75
		В10		А5	
	D900	В7,5	От F15 до F75	А3,5	

#### 1.4 Газобетон и его сравнение с пенобетоном

Газобетон высококачественный, теплый и экологичный материал. Главным плюсом является звукоизоляция, теплоизоляция, экологичность, пожаробезопасность.

Газобетон бывает нескольких видов. Классифицируют его по вяжущему и способу твердения. По первому признаку различают следующие виды материала - газобетон (на основе цемента), газосиликат (на основе

известии), газшлакобетон (на основе шлака), газогипс (на основе гипса), а по второму признаку различают автоклавные и неавтоклавные материалы. Автоклавные твердеют в специальных печах при повышенной температуре и давлении. Неавтоклавные твердеют при естественных условиях. Также естественное твердение может быть дополнено тепловой и влажностной обработкой - тепловое воздействие при нормальном давлении. Блоки на основе цемента являются неавтоклавными и, естественно, на основе известии - автоклавными.

К основным свойствам относят легкость и высокая прочность, негорючесть и нетоксичность, морозостойкость и экологичность, хорошие показатели теплоизоляции и звукоизоляции.

Благодаря небольшому весу и большим размерам блоков затраты на материалы сокращаются, ускоряется работа

Главные плюсом газобетона является прочность и эта прочность и штукатурка легко ложится на пенобетон, а по остальному он уступает пенобетону.

Главные плюсы пенобетона над газобетоном:

- пенобетон имеет закрытую поровую структуру, то есть пузырьки пор в материале находятся на расстоянии друг от друга
- за счет низкого водопоглощения пенобетон имеет более высокие теплоизоляционные и морозостойкие качеств.
- пенобетон не впитывает влагу
- пенобетон экологически чистым материал

Выше перечисленные показатели позволяют пенобетону использоваться для многих строительных работ. Например, пенобетоном укрепляют трубопровод, кровлю, внешние стены, фундамент, подвал. В качестве перегородки пенобетон тоже используют.

## 1.5 Пенобетон - сравнение с другими материалами и область его применения

Главные достоинства пенобетона над остальными материалами:

1. он экологически чистый
2. легко производим в любых производственных условиях
3. производится из доступных компонентов
4. стоимость пенобетона не высокая
5. не горюч

Таблица 3, которая сравнивает теплопроводность пенобетона и других материалов, находится ниже.

Таблица 3 Сравнительная таблица теплопроводности строительных материалов

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Ккал/м <sup>2</sup> Г <sup>0</sup> С
Мрамор	2700	2,9
Бетон	2400	1,3
Пористый глиняный кирпич	2000	0,8
Пенобетон	1200	0,38
Пенобетон	1000	0,23
Пенобетон	800	0,18
Пенобетон	600	0,14
Пенобетон	400	0,10
Пробка	100	0,03
Минеральная вата	100	0,032
Пенополистирол	25	0,030
Пенополистирол	35	0,022

Блоки из пенобетона разрешается класть на клейэто уменьшает

мостики холода и теплопотери.

Бесспорно, главной положительной стороной пенобетона является его большой спектр применения. Его используют :

- в виде литой смеси или в виде безобжиговых легковесных гранул;
- в монолитном или сборном варианте;
- с естественным твердением или теплообработкой изделий.

При использовании опалубки пенобетоном можно залить весь дом полностью, в том числе и крышу. В соответствии с нагрузками используя конструкторский расчет плотность пенобетона в различных элементах здания проверяют. Рекомендуемая плотность пенобетона для:

- теплоизоляционные блоки - 500-800 кг/м<sup>3</sup>;
- стены и перегородки - 800-1800 кг/м<sup>3</sup>;
- половое покрытие - 800-1000 кг/м<sup>3</sup>;

Пенобетон укладывают на любую поверхность, поэтому состав и качество подготовки назначается конструктором в зависимости от назначения плиты: выравнивающая, изоляционная, несущая и т.п. Стены из пенобетона разрешается штукатурить, красить и клеить обоями.

Фасады из пенобетона разрешается обрабатывать любым способом, например:

- окрашивать водоустойчивой дисперсионной фасадной краской;
- наносить тонкий слой высококачественной штукатурки;
- наносить грунтовку, смешанную с песком;
- укладывать в форму перед заливкой облицовочную плитку;
- наносить на свежеслитые панели фактурный слой из гальки, мраморной крошки и т.д.; добавлять красящие пигменты при приготовлении пенобетонной смеси.

При отсутствии опалубки для строительства дома монолитным способом его можно собрать из сборных пенобетонных элементов. Изготовление таких элементов можно организовать как на заводе (полигоне) ЖБИ, так и непосредственно на стройплощадке.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Существующие технологии в современном производстве пенобетона**

Впервые пенобетон был запатентовали в Германии, затем в Дании и Норвегии. А в 1923 году было налажено крупномасштабное промышленное производство пенобетона под маркой «YTONG» в Швеции. В России исследования по технологии ячеистых бетонов начались с 1928 года, а в начале 30-х годов были построены первые дома.

В настоящий момент производство пенобетона отстает от ее спроса.

В России рынок кишит мелкими производителями пенобетона, поэтому оценить ее производительность сложно. Но по самым скромным подсчетам в общей сложности выпускают около 9 млн.м<sup>3</sup> пенобетона в год. От основных строительных материалов пенобетон отличается следующими показателями: влагостойкость, экологическая чистота, монолитность, экономичность, негорючесть, долговечность.

Сегодня многие компании выпускают оборудование для пенобетона, многие выпускают пенобетон и ,конечно, появилось много изделий из пенобетона.

Проанализировав известные технологические ходы, можно выделить шесть способов производства пенобетона, каждый из которых имеет свои плюсы и минусы.

#### **2.1.1 Способ сухой минерализации**

Этот способ разработал А.П. Меркиным. Методы «мокрой» и «сухой» минерализации пены различаются тем, что в «мокрой» методе пену смешивают со специально водо-цементно-песчаным раствором, а в «сухой» методе пену тоже перемешивают, но с сухими компонентами. По технологии «сухой минерализации» пену производят смешения сухих компонентов с пеной, которую получают в пеногенераторе, либо любым другим способом.

Интенсивность перемешивания – это главный аспект метода «сухой»

минерализации. Именно из-за этого аспекта «сухую» минерализацию разделяют на два вида.

Схема производства пенобетона методом сухой минерализации представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Схема производства пенобетона способом сухой минерализации.

1) «Сухая минерализация» при использовании низкооборотного смесителя. В данном случае используется пеногенератор. Пена низкой кратности готовится в пеногенераторе и подается в смесь. В эту смесь сухие компоненты подаются равномерными порциями. Частота вращения данного смесителя не более 300 об/мин.

2) «Сухой минерализация» при использовании высокооборотного смесителя. В этом случае используется высокооборотный смеситель, число оборотов до 1500 об/мин. Перемешивание идет турбулентным (кавитационным) смесителем.

По мнению А. П. Меркина, происходит «бронирование единичного воздушного пузырька частицами твердой фазы и отсасывание воды из пены». Таким способом образуется пенобетон с малым количеством свободной воды. На поверхности пенных пузырей частицы, мелкие и

гидрофильные, собираются. Формирование гладкой глянцевой поверхности стенок пор предопределяет высокая насыщенность ПАВ поверхности раздела «воздушная пора – дисперсионная среда». Формируется плотный припоровый слой толщиной 12-30 мкм – зона подкрепления. В условиях эксплуатационных нагрузок на пенобетон объем единичной поры работает как арка и плотный припоровый слой пенобетона «сухой минерализации» может рассматриваться как армированный нижний пояс конструкции.

Преимущества метода сухой минерализации:

- при одинаковом количестве цемента и песка, пенобетон полученный методом сухой минерализации, будет крепче пенобетона полученного обычной технологией
- простой технологический процесс
- можно получить большой диапазон марок от Д300 до Д900

Именно структура тяжелой пены повышает прочность пенобетона, а образуется она в результате того, что необходимая для гидратации вода вводится вместе с пеной .

На рисунке 2 показана структура пены

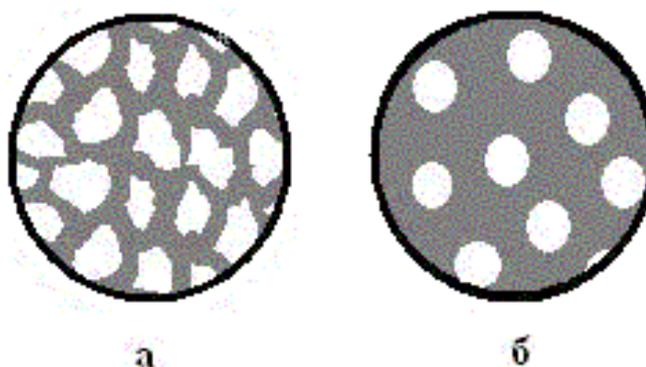


Рисунок 2- Структура пены.

- а- структура пены при обычной технологии
- б- структура пены при "сухой минерализации"

### **2.1.2 Классический способ**

Последовательность данного способа такова: песок и цемент засыпают в растворитель, далее ее перемешивают до однородной массы, затем смесь затворяют водой в указанном рецепте количества и продолжают ее перемешивать до пластичной массы. Рабочий раствор пенообразователя получают путем смешивания части воды и пенообразователя, этот раствор подается в пеногенератор, где и получается пена. Далее согласно требуемой объемной плотности пенобетона растворная смесь и пена из пеногенератора подается в пенобетоносмеситель, там они перемешиваются.

Схема производства пенобетона классическим способом представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 - Схема производства пенобетона классическим способом.

С помощью насоса готовую бетонную смесь транспортируют к месту укладки. Получить заданную прочность, получая контролируя задаваемую плотность.

Данный способ многоэтапен и требует большое количество оборудования. Из-за этого увеличивается время производства, соответственно уменьшается производительность. Так и использование большого количества оборудования увеличивает стоимость предприятия и себестоимость продукции.

### 2.1.3 Баротехнология

Эту технологию разработал И.Б.Удачкина, а в России она появилась в 1996 году. И.Б.Удачкина изобрел технологи производства пенобетона за счет избыточного давления.

Песок, пену, цемент перемешиваю в пенобаробетономесителе. Там компрессор создает внутреннее давление. Под давлением пузырьки

сжимаются пропорционально избыточному давлению. В таком состоянии пузырьки сжимаются и уплотняются. В результате пена распределяется равномерно.

Пенобетон полученный данным методом разрешается транспортировать на любое расстояние. В этой технологии не требуется пневмокамерный насос, потому что пенобаробетоносмеситель сам выполняет ее функции.

На рисунке 4 представлено производство пенобетона баротехнологическим методом.



Рисунок 4 - Схема производства пенобетона способом баротехнологии

Главный плюс баротехнологии - низкая себестоимость пеноблоков.

К минусам данной технологии можно отнести, то что часто используют экологически вредный синтетический пенообразователь. Конечно, такой пенообразователь улучшает подвижность, но в тогда натуральные белковые пенообразователи применять становится нельзя. Таким способом нельзя делать экологически чистые жилые дома. Еще одним не менее важным минусом является низкая прочность пенобетонных блоков. Потому как при затворении менее густые смеси легче взбивать, то изготовители иногда

добавляют излишнее количество воды. Прочность этих блоков при эксплуатации не будет совпадать марочной прочности. При активном перемешивании появляется большое количество пор и пустот, что соответственно сказывается на прочности.

#### **2.1.4 Способ аэрации**

Этот способ основан на вовлечение воздуха в раствор с пенообразователем при скоростном перемешивании.

В способе аэрации поризация и смешивание совмещены и идет одновременно в скоростном смесителе. Кавитация является источником поризации. Количество воздуха имеет экстремальный характер, при достижении определенного воздухововлечения смесь начинает вертикальное движение вдоль оси вала ротора.

Пузырьки после завершения смесителя распределяются равномерно.

Схема производства пенобетона способом аэрации показана на рисунке 5.



Рисунок 5 - Схема производства пенобетона способом аэрации

Плотность напрямую зависит от количества пенообразователя и воды.

На прочность же воздействуют расход цемента, водоцементное отношение, вид и концентрация пенообразователя.

Частичная активация бетонной смеси – главная положительная черта данного способа, а отрицательной стороной является, то что получают пенобетонов низкой плотности.

### 3.1.5 Турбулентно-кавитационный способ под давлением

Сущность данного способа заключается в подаче избыточного давления. В смесителе с начало перемешивают пенообразователь с раствором, далее добавляются минеральные компоненты. После герметично закрытого смесителя, в смесители создается избыточное давление с помощью компрессора. В данном случае смеситель заменяет пневмокамерный насос. Готовую смесь можно разрешается транспортировать на большие расстояния, как по вертикали, так и по горизонтали с помощью

пневмоподачи. Из-за перепада давления готовая смесь по выходу «распрямляется».

Схема производства пенобетона способом аэрации показана на рисунке 6.



Рисунок 6 - Схема производства пенобетона турбулентно-кавитационным способом.

К положительным сторонам данного способа относится то, что пенобетон получается низкой плотности, чем отличается от аэрации. Смесь можно активировать с помощью отбойных устройств и турбоперемешивания.

### 2.1.6 Способ «обжатие-релаксация» в непрерывном режиме

Способ «обжатие-релаксация» - это способ получения пенобетона в непрерывном режиме. Поризатор нагнетательного типа непрерывного действия является главной частью данной технологии. Сжатый воздух и раствор пенообразователя подаются в поризатор с помощью гибкого шланга, который присоединен к водному насосу, воздушному компрессору, смесителю снабженным героторным насосом. Пену получают и перемешивают с раствором под высоким давлением в поризаторах.. Там она

меняется в новую пеноцементную структуру.

Схема производства пенобетона способом «обжатие-релаксация» представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 - Схема производства пенобетона способом «обжатие-релаксация» в непрерывном режиме.

За счет плавного снятия обжатия у пены идет релаксация до первоначальной формы.

Жесткие, неподвижные высокопоризованные пеноструктуры в обжатом состоянии проявляют повышенную внутрискруктурную подвижность и устойчивость при интенсивной минерализации пены вяжущими композициями в процессах диспергации и гомогенизации получаемой пенобетонной смеси и ее перекачки. Как результат, в пенобетоне высокая пористость с минимальным дефектным ячеистой структуры.

К плюсам этого способа относят: возможность получения особо бетона плотность менее  $250 \text{ кг/м}^3$ ; возможность за короткий цикл приготовить гомогенную равномерно минерализованную пенобетонную смесь с пониженным В/Т и высоким коэффициентом использования пены; возможность непрерывной работы и транспортирование его к месту укладки.

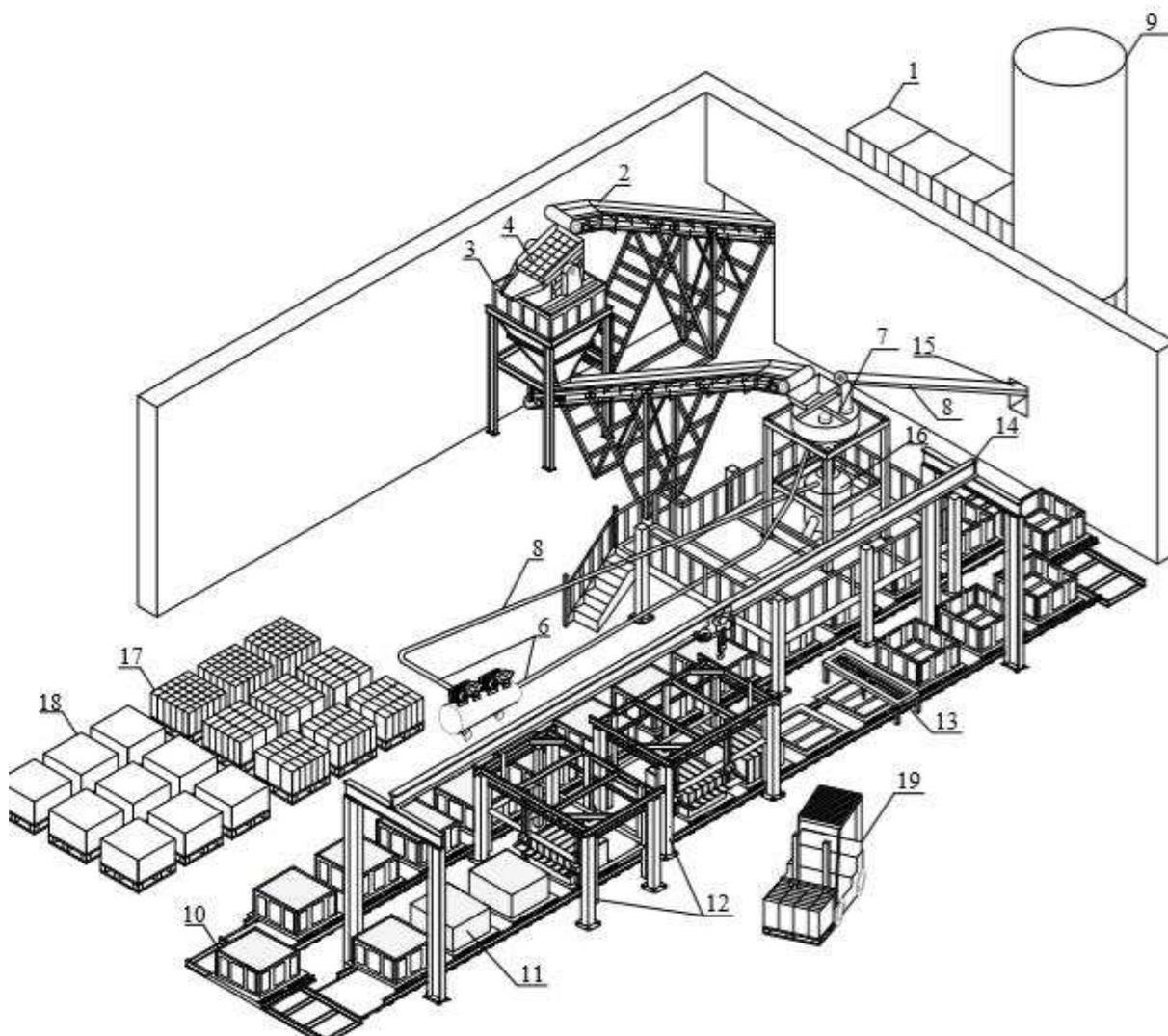
Не редко в технологии используют какие-то дополнительные операции, которые регулируют пористую структуру, одновременное применение пено-

и газообразователей, комплексное использование ПАВ с пластифицирующим эффектом и функциональных добавок, например, ускоряющих структурообразование при твердении вяжущего или стабилизирующих структуру пенобетонной смеси, оптимизацию гранулометрического состава компонентов сырьевой смеси.

Следовательно, исходя из всего этого, способ производства следует выбирать в зависимости от исходных условий и какие характеристики заданы для материала.

## **2.2 Технологическая схема производства**

На рисунке 8 представлена технологическая схема производства пенобетона методом сухой минерализации.



Рисунке 8 - Технологическая схема производства пенобетона методом сухой минерализации.

Завоз песка на склад 1 и цемента в силос 9, производится непосредственной при помощи самосвалов и цементовозов. После чего из склада 1, с помощью ленточного конвейера 2 песок податься в расходный бункер 3 (имеет грохот для дополнительного просеивания), где с помощью дозатора производится дозирование необходимого количества материала на замес в бункер цементно-песчаной смеси 7. Одновременно с этим в бункер цементно-песчаной смеси 7 подаётся цемент из силоса 9 при помощи шнека 15. После предварительной подачи воды и пенообразователя в турбулентный смеситель 16 и получение пены, в смеситель подаётся порциально цементно-песчаная смесь из бункера 7 и происходит дальнейшее смешивание пены с

цементно-песчаная смесью. После приготовления смесь ячеистого бетона заливается в передвижные металлические формы 10 (формаблок-массив), специально разработанные для применения в составе участка поста резки 12. Форма по рельсовым путям на вагонетках уходит на пост твердения, а после выдержки происходит распалубка и отправка массива 10 на резательный комплекс 12. Разобранные формы чистятся, смазываются и отправляются при помощи крана-балки на пост сборки форм 13. Чистка, смазка и сборка одной металлоформы занимает 2-3 минуты. После того как формы собраны они по рельсовым путям возвращается обратно на пост заливки массива. После набора определенной прочности пенобетонного массива размыкают замки бортов металлоформы, снимают их с основания, а отформованный пенобетонный массив на технологическом поддоне металлоформы подают в рабочую зону резательного комплекса 12. Как только массив прошел пост резки 12 и получились блоки со своими регламентированными размерами, они при помощи транспорта отправляются на склад готовой продукции где хранятся и набирают свою прочность.

На рисунке 8 - представлена технологическая схема производства пенобетона методом сухой минерализации. На данной технологической линии производят блоки стеновые мелки требования и размеры указаны в ГОСТ 21520-89.

### **2.3 Технологические операции производства пенобетона**

На рисунке 9 представлена функциональная схема производства пенобетона методом сухой минерализации.



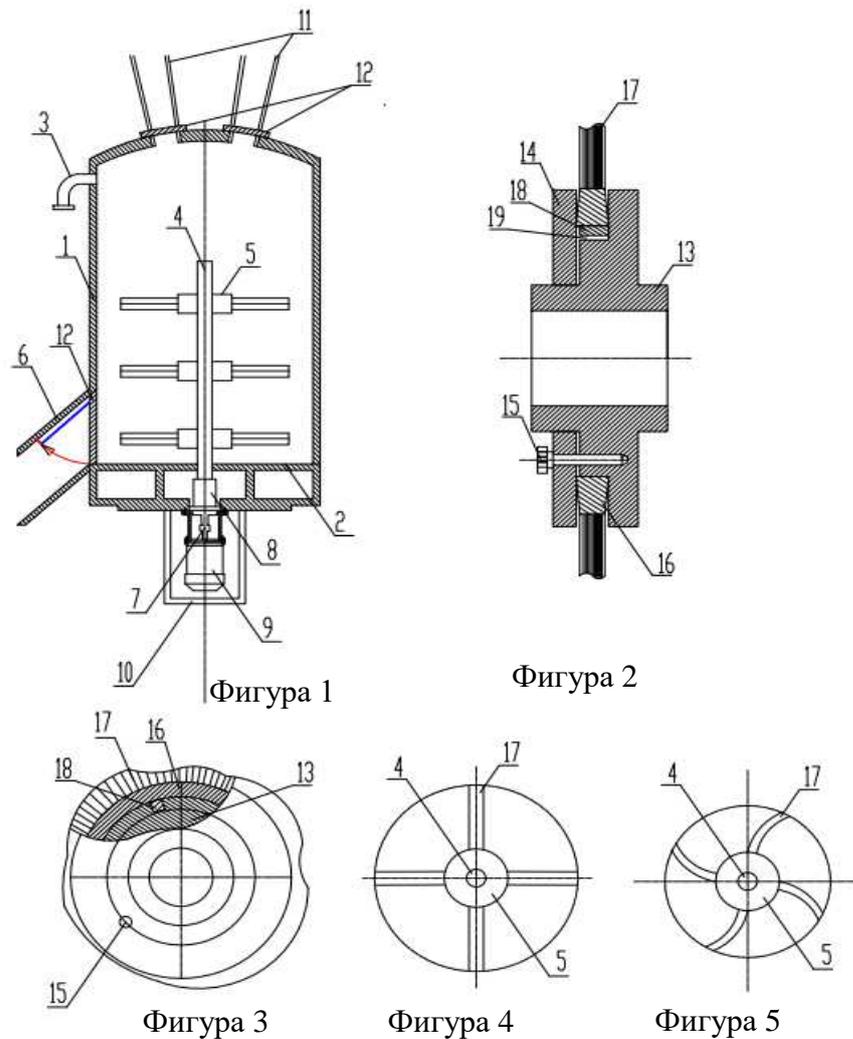
Рисунок 9 - функциональная схема производства пенобетона методом сухой минерализации.

## 2.4 Механическое оборудование

Оборудование для производства пенобетона включает в себя:

- Турбулентный смеситель типа “вулкан” для приготовления гомогенных систем;
- Универсальный резательный комплекс (УРК) мастер плюс.

На рисунке 9 представлен турбулентный смеситель типа “вулкан” для приготовления гомогенных систем. Данное оборудование было взято из Патента РФ 2359745 и модернизировано под нашу схему производства пенобетона.



1-корпус смесителя; 2-дно смесителя; 3-патрубок для воды; 4- вал; 5- перемешивающий диск; 6- сливной патрубок; 7- муфта; 8-подшипниковый узел; 9- электродвигатель; 10 – защитный кожух; 11-загрузочный патрубок смеси; 12-смесительные заслонки; 13- ступица; 14-вин; 15- фланец; 16- кольцевой диск; 17- упругие перемешивающие элементы; 18- шпонка; 19- паз.

Рисунок 9 - турбулентный смеситель типа “вулкан” для приготовления гомогенных систем.

Данный смеситель используют в промышленных отраслях (например, химических и строительных) для перемешивания жидких неоднородных сред. Смеситель состоит из вертикального корпуса в виде цилиндра, перемешивающего устройства, патрубка для подачи цементно-песчаной смеси, герметичной крышки, патрубка для подачи воды и воздуха, сливного патрубка. В перемешивающее устройство входят: электродвигатель, который соединен с муфтой через подшипниковый узел с валом, на котором

переменным шагом расположены перемешивающие диски с упругими перемешивающими элементами. На крышке корпуса находится патрубок для подачи цементно-песчаной смеси. Дно плоское. На внутренней поверхности корпуса расположены упругие лопатки.

На фиг.1 изображена схема турбулентного смесителя для приготовления гомогенных систем, на фиг.2 - фронтальный разрез перемешивающего диска с перемешивающими элементами, на фиг.3 - профильная проекция фиг.2, на фиг.4, 5 - схемы расположения упругих перемешивающих элементов при различных режимах перемешивания.

Турбулентный смеситель для приготовления гомогенных систем содержит вертикальный корпус 1 диаметром  $D(1,1\text{м})$  и высотой  $H(1,8)$ . Корпус 1, выполнен в виде полого цилиндра. Перемешивающее устройство состоит из электродвигателя 9, установленного за дном корпусу 1 и соединенного муфтой 7 через подшипниковый узел 8 с валом 4, на котором с переменным шагом относительно друг друга, расположены перемешивающие диски 5 с закрепленными на них упругими перемешивающими элементами 17. На крыше корпуса так же имеются патрубки 11 для подачи цементно-песчаной смеси. Патрубок 3 необходим для заполнения турбулентного смесителя водой. На внутренней боковой поверхности корпуса 1 дополнительно расположены упругие лопатки, выполняющие функцию дополнительных элементов, участвующих в процессе перемешивания, которые могут быть выполнены из: пенополиуретана, обрезиненных упругих элементов, а также композиционных упруго-эластичных материалов.

На фиг.2 и 3 представлен перемешивающий диск 5, состоящий из ступицы 13, к которой посредством винтов 14 фланца 15 прикреплен кольцевой диск 16 с упругими перемешивающими элементами 17, выполненными в виде металлической упругой щетки. На внутренней поверхности кольцевого диска 16 закреплена шпонка 18, входящая в паз 19, выполненный в ступице 13.

Исходная смесь имеет большую плотность. Это обстоятельство препятствует, в случае выполнения перемешивающих элементов жесткими, работе перемешивающего устройства на больших скоростях с развитием турбулентных потоков и, как следствие, получению однородной гомогенной пенобетонной смеси ячеистой структуры. А в предложенном устройстве выполнение перемешивающих элементов упругими устраняет этот недостаток за счет того, что они работают в различных режимах, начиная от полностью распрямленных диаметром  $D_1$  (фиг.4) до сложенных в меньший диаметр  $D_2$  (фиг.5). При этом происходит самонастройка параметров упругих перемешивающих элементов под физико-механические свойства смеси в текущий момент времени приготовления пенобетонной смеси. При распрямлении перемешивающих элементов развиваются скорости, способствующие турбулизации потоков гомогенной смеси. В случае когда смесь более плотная, упругие перемешивающие элементы изгибаются в сторону оси вала, а в случае менее плотной смеси распрямляются и развивают более высокие линейные скорости.

## **2.5 Расчет турбулентного смесителя**

### **1. Определение частоты вращения ротора смесителя.**

$$n_p = \frac{4,5...10}{\sqrt{R_q}} = \frac{10}{\sqrt{0,55}} = 13,5 \text{ (с}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

где  $R_q$  – радиус чаши смесителя, м.

### **2. Определение диаметра ротора смесителя.**

$$d_p = (0,3...0,4)D_q = 0,3 * 1,1 = 0,33 \quad (2)$$

где  $D_q$  – диаметр чаши смесителя, м.

### **3. Коэффициент выхода смеси**

$$R_B = \frac{V_3}{V_6} = \frac{1,5}{1,8} = 0,83 \quad (3)$$

где  $V_3$  – объём готового замеса ( $\text{м}^3$ );  $V_6$  - объём по загрузке смесителя ( $\text{м}^3$ ).

#### 4. Число замесов.

$$n = \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{3600}{240 + 90 + 30} = 10 \quad (4)$$

где  $t_1$ -время загрузки (сек.)

$t_2$ -время замеса (сек.)

$t_3$ -время выгрузки (сек.)

#### 5. Определение объёмной производительности смесителя.

$$P_V = \frac{V_3 * n * R_B}{1000} = \frac{1800 * 10 * 0,83}{1000} = 15 \text{ (м}^3\text{/час)} \quad (5)$$

#### 6. Определение мощности электродвигателя привода ротора смесителя.

$$N = \frac{p * S * R_{cp}}{1000 * \eta} = \frac{50000 * 2,72 * 0,36}{1000 * 0,8} = 61,2 \text{ (кВт)} \quad (6)$$

где  $p$  - это удельное сопротивление смеси вращению лопастей,  $(18...75)10^3$ , (Па).

$S$  - общая площадь проекции лопастей на направление вращения, ( $\text{м}^2$ )

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

$$S = \frac{\lambda * V_G}{v_{cp}} = \frac{0,6 * 1,5}{0,33} = 2,72 \quad (7)$$

где  $\lambda$  - критерий эффективности смесителя,  $\text{с}^{-1}$ ,  $\lambda = 0,5...0,6 \text{ с}^{-1}$ .

$V_G$  - объём готового замеса,  $\text{м}^3$ .

$v_{cp}$  - средняя окружная скорость лопастей, м/с.

$$v_{cp} = \frac{2}{3} \omega * R_{cp} = \frac{2}{3} * 1,41 * 0,36 = 0,33 \quad (8)$$

где  $\omega$  - угловая скорость лопастей,  $s^{-1}$ .

$R_{cp}$  - средний радиус вращения лопастей, м.

$$R_{cp} = 0,65 R_q = 0,65 * 0,55 = 0,36 \quad (9)$$

## 2.6 Описание резательного комплекса

На рисунке 9 представлен универсальный резательный комплекс (УРК) мастер плюс. Данный комплекс может комплектоваться как струнами, так и пилами.



1-Монтажная рама-основание; 2- Направляющие кареток поперечной и продольной резки;  
 3-Модуль шнекового ножа; 4-Каретка поперечной резки массива;; 5-Каретка продольной  
 резки массива; 6-Шкаф системы автоматизированного управления САУ УРК LOGIC; 7-  
 Транспортный путь

Рисунок 10 - универсальный резательный комплекс (УРК) мастер плюс.

Машиностроительное предприятие «СтройМеханика» производит универсальный резательный комплекс (УРК) МАСТЕР ПЛЮС, который используют для получения стеновых и перегородочных блоков ячеистых бетонов (пенобетона, газобетон). Данная машина выпускает продукцию с геометрическим отклонением от заданных размеров не более  $\pm 2$  мм из массива габариты которого до  $1200 \times 1200 \times 600$  мм в цеховых условиях.

Именно из-за большой точности резки блоки можно укладывать на клеевой или тонкослойном растворе. МАСТЕР ПЛЮС выпускает блоки с различными типоразмерами с применением одного комплекта передвижных металлоформ. Резка массивов ячеистых бетонов производится с помощью

специальных стальных пил, изготавливаемых самостоятельно с применением установки для навивки струн СТРУНА 500.

### Порядок работы на резательном комплексе.

После набора необходимой прочности пенобетон, подают в рабочую зону резательного комплекса. Массив сначала проходит через шнековый нож, который подрезает горбушу, далее массив подается через каретку поперечной резки, далее через каретку продольной резки массива. Подъем и опускание кареток со струнами осуществляется с помощью электромеханического привода, а ход струны с помощью мотор-редукторов. После завершения резки, изделия снимаются с технологического поддона формы и транспортируются на участок для досушивания и складирования.

Технологические характеристики резательного комплекса представлены в таблице 3.

Таблица 3 -Технические характеристики резательного комплекса УРК МАСТЕР ПЛЮС

Размеры обрабатываемого массива (L×B×H), мм	1248×1248×595
Габаритные размеры установки (L×B×H), мм	9000×3200×3000
Установленная мощность, кВт	7
Максимальная потребляемая мощность, кВт	4
Требования к месту установки	
- длина площадки (без зоны обслуживания), м	9
- ширина площадки (без зоны обслуживания), м	3,5
- высота, м	3,1
- отсутствие атмосферных осадков	
- температура окружающей среды, °С	>5
Продолжительность цикла резки одного изделия (автоматический режим), мин	7-11
Обслуживающий персонал, чел.	1
Время непрерывной работы, ч	не ограничено
Режим работы	ручной, автоматический
Масса, кг	3600

## 2.7 Расчет вместимости складов

### 2.7.1 Вместимость склада цемента

$$Q_u = \frac{P * C' * n * R}{0,9 * P} = \frac{55000 * 0,415 * 7 * 1,04}{0,9 * 260} = 710 \quad (10)$$

где  $Q_u$  -вместимость склада цемента (т)

$P$  -годовая производительность предприятия ( $m^3$ )

$C'$  -среднесуточный расход цемента на  $1 m^3$  (т)

$n$  -коэффициент учитывающий вид доставки цемента на завод:

-автотранспорт  $n= 5-7$  суток

-железнодорожный  $n= 7-10$  суток

$R$  - коэффициент производительных потерь, для цемента =1,04

0,9- коэффициент загрузки силоса.

$P$  -фонд работы технологического оборудования, 240-260 суток

### 2.7.2 Вместимость склада заполнителя

$$Q_z = \frac{P * Z' * n * R}{P} = \frac{55000 * 0,312 * 7 * 1,02}{260} = 471,24 \quad (11)$$

где  $P$  -годовая производительность предприятия ( $m^3$ )

$Z'$  -среднесуточный расход заполнителя на  $1 m^3$  (т)

$n$  -коэффициент учитывающий вид доставки цемента на завод:

-автотранспорт  $n= 5-7$  суток

-железнодорожный  $n= 7-10$  суток

$R$  - коэффициент производительных потерь, для заполнителя =1,02

$P$  -фонд работы технологического оборудования, 240-260 суток

## 2.8 Хранение и транспортировка

1. Пенобетон транспортируют любым видом транспорта, но блоки должны находиться в максимально неподвижном состоянии.
2. Чаще всего изделия транспортируют на поддонах или в контейнерах. Продукция должна быть защищена при этом от внешних воздействий (пленка, например).
3. Материал перевозить большим количеством запрещается, также противопоказана разгрузка путем сбрасывания.
4. Продукция должна сопровождаться документом.

Изделия хранятся в открытых или закрытых помещениях. Хранить изделия можно на открытых и закрытых площадках. Поддоны должны использоваться установленного образца. Изделия должны быть защищены от атмосферных осадков.

### **3 Экология и безопасность жизнедеятельность**

#### **3.1 Охрана окружающей среды**

В настоящее время глубоко затронуты проблемы загрязнения окружающей среды. Производственнохозяйственные стандарты качества природной среды регламентируют экологически безопасный режим работы производственного объекта. Допустимый выброс загрязняющих веществ, отходов в природную среду контролируется.

Принцип лимитирующего показателя используется для нормирования концентрации веществ в воде или в воздухе. Нормирование производится по наиболее чувствительному показателю для обслуживающего персонала или окружающей среды показателю.

Для ограждения окружающей среды от вредоносного воздействия принято предельно допустимая концентрация (ПДК). ПДК – это концентрация, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение жизни, прямо или опосредованно через экологические системы не возникает заболеваний или изменений состояния здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующих поколений.

Для оценки степени загрязнения водной или воздушной среды используется предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК рз, мг/м<sup>3</sup>). Такая концентрация ПДК считается безопасной если, рабочий персонал вдыхая воздух в течении 8 часов в сутки и всего рабочего стажа не получит отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленной перспективе. Рабочая зона должна иметь

высоту не менее 2 метров уровнем площадки, на которой находятся места пребывания работающих.

Защитные мероприятия по охране атмосферного воздуха на предприятии выбираются согласно СНиП 2.04.05 – 91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Согласно этому СНиП вентиляционная система с пылеуловителями должна быть в технологической установке для защиты воздушного бассейна, а также рукавными фильтрами должны быть оснащены бункера и силосы пылящих материалов.

В водоемы и в канализацию запрещается сбрасывать добавки, их растворы, эмульсии, отходы образуемые при промывки тракта, дозирование и подачи вредных веществ и другие отходы промышленности.

В России имеется ряд ограничений на выброс вредных веществ в атмосферу. Защита атмосферы регламентируется предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе, предельно допустимыми выбросами (ПДВ) вредных веществ и временно согласованными выбросами (ВСВ) от источников загрязнения. Для нормирования содержания примесей в воздушном бассейне населенных пунктов министерство здравоохранения установило нормативные концентрации вредных веществ в виде среднесуточных и максимально разовых ПДК. За основу взято, что допустимая концентрация вредных веществ в воздухе может быть такая, которая не оказывает на человека вредного воздействия т.е. не снижает его работоспособности, не влияет на его самочувствие. Среднесуточная ПДК установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния. Максимально разовая ПДК является концентрация веществ в воздухе, которая после 20 – минутного воздействия вызывает у человека ощущение запаха, привкуса, световой чувствительности.

### **3.2 Обеспечение безопасности работ на производстве**

Предотвращение травматизма на производстве – один из важнейших частей строительной промышленности, требующий рационального размещения оборудования, организацию мест рабочих, безопасную организацию труда, использование безопасных оборудований.

На участках производства оборудование размещены согласно технологической линии, для исключения пересечения потоков. Если оборудование является источником большого шума или выделителем вредных веществ, то желательно его размещать в отдельном помещении для удобства рабочих в применении защиты.

Ширину проходов между крупногабаритным оборудованием следует принимать в соответствии с нормами технологического проектирования машиностроительных предприятий и правилами безопасности в зависимости от следующих параметров:

- компоновки оборудования;
- габаритов обрабатываемых деталей;
- условий монтажа, ремонта оборудования и демонтажа;
- в зависимости от транспортных средств;
- наличия подпольных каналов для пневмогидросистем, кабелей и других коммуникаций.

Нормы технологического проектирования и правила безопасности допускают различное размещение рабочих мест. Но с учетом психологических особенностей человека желательно размещать рабочие места так, чтобы рабочий был обращен лицом в сторону транспортных средств и шумных технологических операций. В этом случае человек лучше контролирует обстановку, работает спокойно, без эмоциональных перегрузок.

Для рабочих и обслуживающего персонала следует в инструктаже излагать следующее: аварийные ситуации, опасные факторы, зону из воздействия, влияние опасных факторов на человека, правило поведения при проявлении опасных факторов.

Инженерные расчеты способны проявить опасные и вредные факторы и зону из воздействия.

### **3.3 Электробезопасность**

В соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 защитное заземление или зануление электроустановок выполняют:

при номинальном напряжением 380 В и выше переменного тока, а также 440 В и выше постоянного тока – во всех случаях;

при номинальном напряжении от 42 до 380 В переменного тока в условиях с повышенной опасностью и особо опасных.

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрический ток – это направленное движение электрических зарядов в веществе или вакууме под воздействием электрического поля.

Ток бывает двух видов: постоянный и переменный.

Человек получает поражение током если:

1. прикоснется к напряженным токоведущим частям;
2. прикоснется к металлическим нетоковедущим частям электрооборудования, оказавшимся под напряжением;
3. окажется в зоне растекания тока при замыкании фазы на землю;
4. действия электрической дуги, атмосферного и статического электричества, а также электромагнитного поля.

Когда ток проходит через человеческо тело, он оказывает такие воздействия:

термическое – нагрев тканей и кровеносных сосудов;

электролитическое – разложение плазмы и крови как солевого раствора;

механическое – разрывы кожного покрова, мышц, связок, переломы костей из-за судорожного сокращения тканей и возможного падения человека при потере сознания;

биологическое – непроизвольное сокращения мышц, в том числе мышц сердца, легких, и нарушения биотоков организма.

Воздействия электрического тока на организм человека классифицируют на 4 степени:

1 степень – слабые судорожные сокращения мышц;

2 степень – судорожные сокращения мышц, потеря сознания;

3 степень – потеря сознания, нарушения сердечной и дыхательной деятельности;

4 степень – клиническая смерть,

По степени опасности поражения человека электрическим током выделяют три класса помещений:

без повышенной опасности – относят сухие отапливаемые помещения с токоизолирующими полами, то есть такие помещения, в которых отсутствует условия, создающие повышенную и особую опасность;

с повышенной опасностью – относят помещения с наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость; выделение токопроводящей пыли, которая может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.д.; токопроводящие полы; высокая температура воздуха.

особо опасные помещения – относят помещения с наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особо сырые, в которых относительная влажность воздуха близка к 100%, стены, потолок, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой; выделяются химические активные и агрессивные газы, пары, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части оборудования; имеют место одновременно два и более признаков опасности по второму классу помещений.

Заземлением называют преднамеренное электрическое соединение какой – либо точки системы электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Зануление – преднамеренное электрическое соединене с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

### **3.4 Вибрация**

Гигиенические требования при работах с источниками вибрации регламентирует СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Санитарные нормы. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Вибрация – это движение точек или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты. Она возникает при работе машин и агрегатов с возвратно – поступательным движением деталей, неуравновешенными вращающимися массами, механизмами ударного действия.

Основными параметрами, характеризующими вибрацию являются частота колебаний, ускорения, с которым идет нарастание и убывание виброскорости, величина амплитуды смещения точек, скорость перемещения точек. На организм человека может быть воздействовано общая или локальная вибрация. Человек получает общее воздействие вибрации при колебании рабочего места. Источники возникновения локальных вибраций: ручные машины с двигателями, органы ручного управления машинами и оборудованием, ручные машины без двигателей, обрабатываемые детали.

Систематическое воздействие вибрации на человека приводит к стойким нарушениям опорнодвигательного и вестибулярного аппарата, центральной и периферической нервной системы, желудочно-кишечного

тракта и др. Последствия воздействия вибрации зависят от ее вида, продолжительности и направления воздействия, частоты и амплитуды колебаний, а также от уровня шума, микроклиматических условий на рабочем месте и других сопутствующих факторов.

Гигиеническая оценка вибраций, воздействующая на человека, производится следующими методами: частотным анализом нормируемого параметра; интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра; интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия.

Основными техническими мероприятиями по снижению вибрации являются снижение вибрации воздействием на источник ее возникновения, виброизоляция, вибродемпфирование и вибропоглощение.

Из технических решений по снижению вибрации на работающих, наибольшее распространение получила виброизоляция машин или рабочих площадок путем введения упругих связей между машиной и основанием или основанием и рабочей площадкой. Виброизоляторы выполняют в виде стальных пружин, рессор, прокладок из резины, резино-металлических конструкций и др.

Источником вибраций на нашем производстве является виброплощадка

### **3.5 Производственный шум**

Гигиенические требования регламентирует ГОСТ 12.1.003 – 90 «Шум. Общие требования безопасности»; СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Шум – это любой звук, который может вызвать потерю слуха или быть вредным для здоровья или опасным в другом отношении. В машиностроении источниками шума являются машины и механизмы,

электромагнитные устройства, системы вентиляции и кондиционирования воздуха и др.

Человек обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты. По этому одной из важных характеристик шума является его частота  $f$ , измеряемая в герцах. ( Гц ).

В зависимости от частоты шум подразделяют на низкочастотный – диапазон частот ниже 400 Гц; среднечастотный – от 400 до 1000 Гц; высокочастотный – свыше 1000 Гц.

Шум даже небольших уровней оказывает значительное влияние на слуховой анализатор, который через центральную нервную систему связан с различными органами жизнедеятельности человека. Поэтому шум оказывает вредное влияние на весь организм. Длительное воздействие интенсивного шума на человека приводит к заболеваниям центральной и вегетативной нервной системы, сердечно – сосудистой системы, внутренних органов и психическим расстройствам. Выраженные психологические реакции проявляются уже начиная с уровней шума 30дБ. Нарушения вегетативной нервной системы периферического кровообращения аблюдается при шуме 40-70 дБ. Воздействия шума в 50 – 60 дБ на центральную нервную систему проявляется в виде замедления реакций человека, нарушений биоэлектрической активности головного мозга с общими функциональными расстройствами организма и биохимическими в структурах головного мозга. Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к снижению производительности труда, росту общей и профессиональной заболеваемости.

Методы и средства защиты от шума не должны усложнять технологический процесс или отрицательно влиять на него. Для снижения шума применяют следующие методы: уменьшение шума в источнике его образования; уменьшение шума на пути его распространения; применение средств индивидуальной защиты; регламентированные перерывы.

Сущность звукопоглощения состоит в преобразовании энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту за счет потерь на трение в пористом материале. К средствам звукопоглощения на рабочих местах относят звукопоглощающиеся облицовки, штучные звукопоглотители, глушители шума трубчатого типа, посадки зеленых насаждений. Звукопоглощающие облицовки представляют собой плиты из слоя пористо – волокнистого материала в защитной оболочке. Плоский слой звукопоглощающего материала крепится непосредственно на поверхность ограждения или с воздушным промежутком между слоем и ограждением.

Источники шума - мостовой кран, виброплощадка и бетоноукладчик .

### **3.6 Освещение**

Гигиенические требования к естественному освещению регламентируют СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Человек с помощью зрения получает информацию из окружающей среды, поэтому зрительный анализ, получаемый через глаз, во многом зависит от освещения. Хорошо выполненное и спроектированное комната отдыха, рабочее место дает безопасность физическому и психологическому здоровью человека. Плохое освещение места пребывания рабочего персонала может стать причиной ухудшения самочувствия работающих, снижение производительности труда, утомление органов зрения и даже несчастного случая. Неправильно выполненное освещение может привести к пожарам, взрывам или неспособности человека различать цвета окраски кабелей, знаков безопасности, трубопроводов, баллонов.

Источник света может быть естественным, искусственным или совмещенным. Естественное освещение – освещение с помощью света неба, который проникает через ограждения. По конструктивному оформлению естественное свет бывает : одностороннее боковое, двусторонне боковое, верхнее, комбинированное.

К выбору освещения при проектировании относятся серьезно. В помещениях с температурой ниже  $+10^{\circ}\text{C}$  и в помещениях с колебаниями напряжения в осветительной сети более 10% газоразрядные лампы применять не рекомендуется.

## **ВЫВОД**

На основе данной работы по технологической линии по производству пенобетона метом сухой минерализации были сделано следующее:

1. Было изучено сырье и технология производства пенобетона методом сухой минерализации.

2.Для производства пенобетона был подобран турбулентный бетоносмеситель типа «Вулкан». Для него была определена частота вращения ротора смесителя, диаметр ротора, коэффициент выхода смеси, объем производительности, мощность электродвигателя ротора.

3.Был подобран резательный комплекс УРК МАСТЕР ПЛЮС.

4.Были рассчитаны вместимость складов заполнителя и цемента.

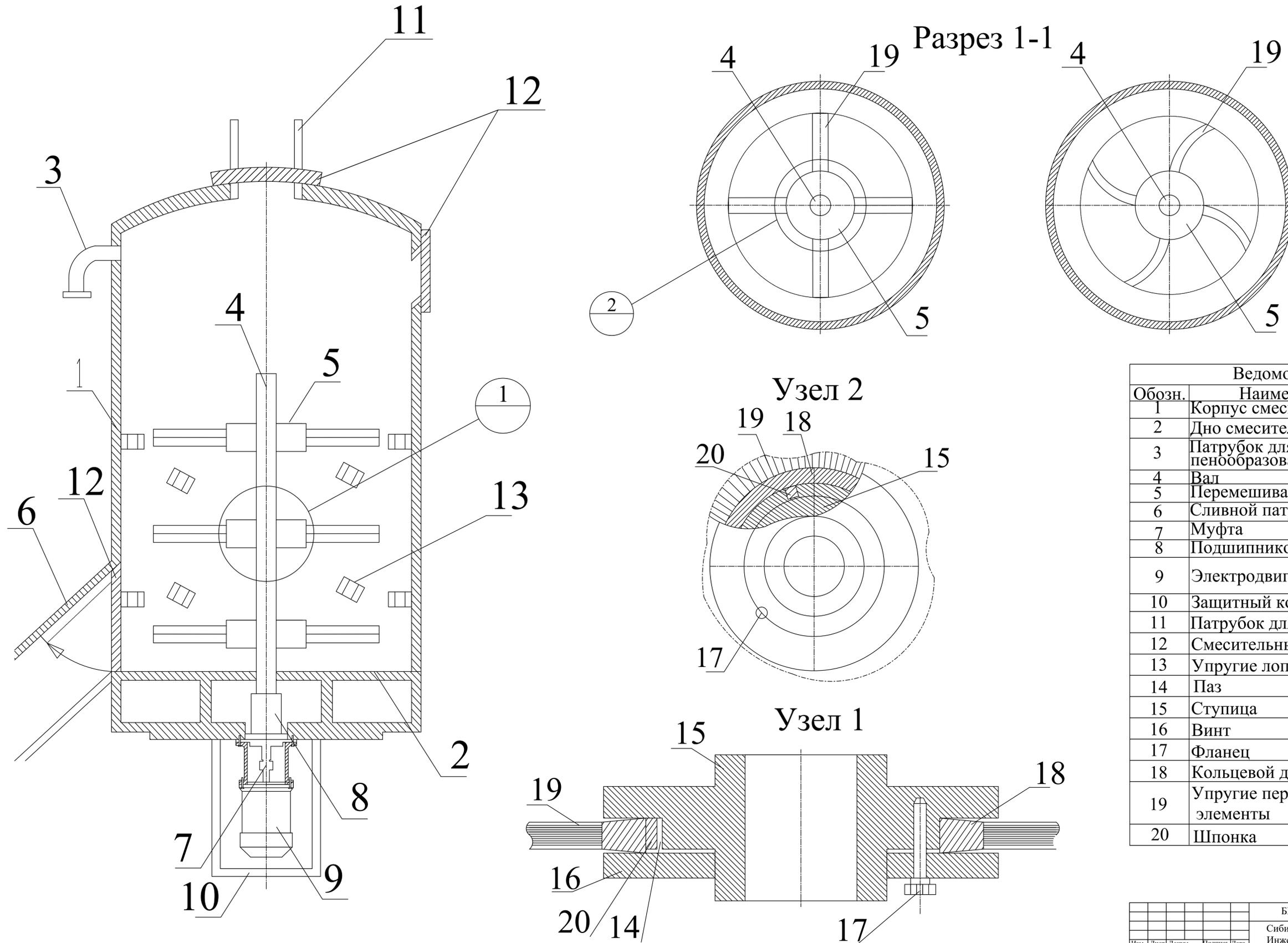
## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОНТП-09-85, Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий по производству изделий из ячеистого и плотного бетонов автоклавного твердения.- Введ. 1985.09.03.-: Приказом промышленности строительных материалов СССР от 02 октября 1985 г. № 572. – 63с.
2. ТКП 45-5.03-137-2009, Изделия из ячеистого бетона. Правила изготовления.- Введ. 2009.10.21.-: Приказом Министерства архитектуры и строительства РБ от 21 октября 2009г. № 348.- 38 с.
1. СТБ 1117-98, Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия- Введ. 15.07.1998г.-: Приказом Министерства архитектуры и строительства РБ №258.- 19с.
2. СН 277-80, Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона. - М., Стройиздат, 1981, 47с.
3. СанПин 2.2.1.13-5-2006, Гигиенические требования к проектированию, содержанию и эксплуатации производственных предприятий.- Введ. 2006.04.03.- Минск: Приказом Министерства здравоохранения РБ от 3 апреля 2006 г. № 40.- 55с.
4. Антоненко, Г.Я. Организация, планирование и управление предприятиями строительных изделий и конструкций/ Г.Я. Антоненко.-Киев: Высшая школа, 1988.-374с.
5. Методические указания по дипломному проектированию для студентов специальности 1–70.01.01 «Производство строительных изделий и конструкций», Минск 2004.
6. РДС 1.01.13-99, Порядок разработки, согласования и утверждения технологической документации на предприятиях промышленности строительных материалов и строительной индустрии.

7. Сажнев, Н.П. Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения/ Н.П. Сажнев.-Мн., Стринко, 2010.-148с.
8. Сажнев Н.П. Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика -Мн., Стринко , 2004., -381стр.
9. Трудовой кодекс, - Введ. 26.07.1999.- Минск: Принят Палатой Представителей 08.06.1999г. №218-3 - 179с.
- 10.Глуховский В.Д. и др. Основы технологии отделочных, тепло- и гидроизоляционных материалов. – К. Высшая школа, 1986 г. – 303 с.
- 11.Горлов Ю.П., Мернин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. – М. Стройиздат, 1980 г. – 400с.
- 12.Горейнов К.Э., Горецнова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. – М. Стройиздат, 1972 г. – 376 с.
- 13.Крившний Н.Л. и др. Ячеистые бетоны. – М. Стройиздат, 1972г. – 137 с.
- 14.Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона (ОНТП 07-85) / Минпромстрой материалы СССР. – М. 1986 – 50с.
- 15.СН 277-80. Инструкция по приготовлению изделий из ячеистого бетона. – М. Стройиздат, 1981
- 16.ГОСТ 10181.1-81. Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости.
- 17.ГОСТ 1118-73\*. Панели из автоклавных ячеистых бетонов для наружных стен. Технические условия.
- 18.ГОСТ 12852.0-77. Бетон ячеистый. Общие условия. Методы определения морозостойкости.
- 19.ГОСТ 12852.4-77. Бетон ячеистый. Методы определения морозостойкости.
- 20.ГОСТ 21520-89. Блоки из ячеистого бетона стеновые штучные. Технические условия.



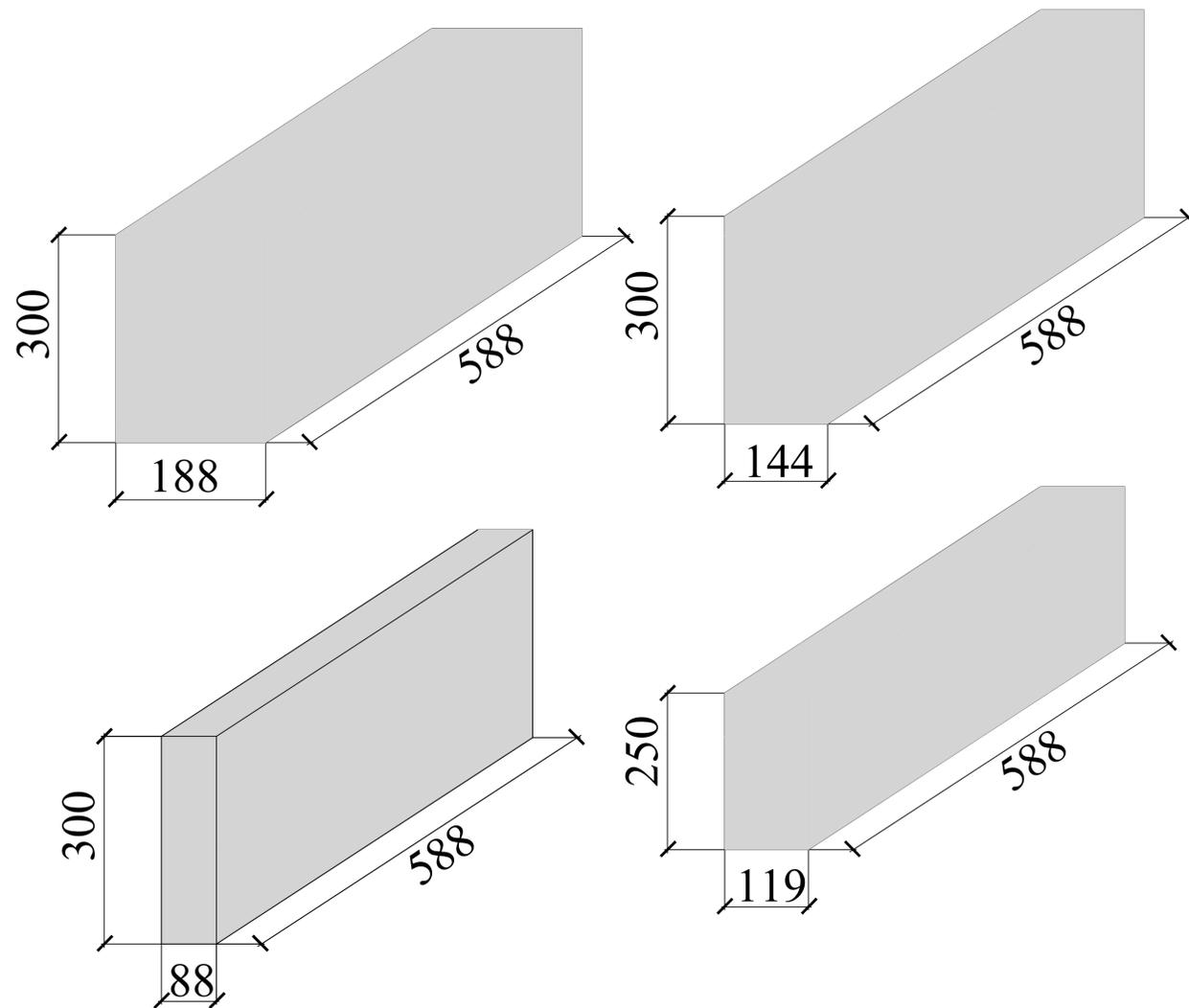
# Турбулентный смеситель типа "Вулкан"



Ведомость оборудования		
Обозн.	Наименование	Примеч.
1	Корпус смесителя	
2	Дно смесителя	
3	Патрубок для воды и пенообразователя	
4	Вал	
5	Перемешивающие диски	
6	Сливной патрубок	
7	Муфта	
8	Подшипниковый узел	
9	Электродвигатель	
10	Защитный кожух	
11	Патрубок для подачи смеси	
12	Смесительные заслонки	
13	Упругие лопатки	
14	Паз	
15	Ступица	
16	Винт	
17	Фланец	
18	Кольцевой диск	
19	Упругие перемешивающие элементы	
20	Шпонка	

БР-08.03.01.04-2020			
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Лист	Докум.	Подпись Дата
Разраб.	А.П. Ермолова		
Руковод.	И.Г. Калугин		
Зав. каф.	И.Г. Енджиевская		
Технологическая линия по производству пенобетона методом сухой минерализации			Стадия Лист Листов
Турбулентный смеситель типа "Вулкан"			4
СФУ ИСИ каф. СМТС группа СБ16-41ПБ			

# Номенклатура изделий



Соотношение типов блоков со средней плотностью бетона

Тип блока	Марка бетона по средней плотности					
	D500, D600, D700	D800	D900	D1000	D1100	D1200
I	X	-	-	-	-	-
II		X	X			
III						
IV		-	-	X	X	X
V		X	X			
VI						
VII				-		
VIII				X		
IX						
X						X

Типы и размеры блоков

Тип блока	Размер блока, мм, для кладки					
	на растворе			на клею		
	Высота	Толщина	Длина	Высота	Толщина	Длина
I	188	300	588	198	295	598
II		250			245	
III		200			195	
IV	288		388	298		398
V	288		288	298		298
		250			245	
VI	144	300	588	-	-	-
VII	119	250				
VIII	88	300	398	98	295	598
IX		250			245	
X		200			195	

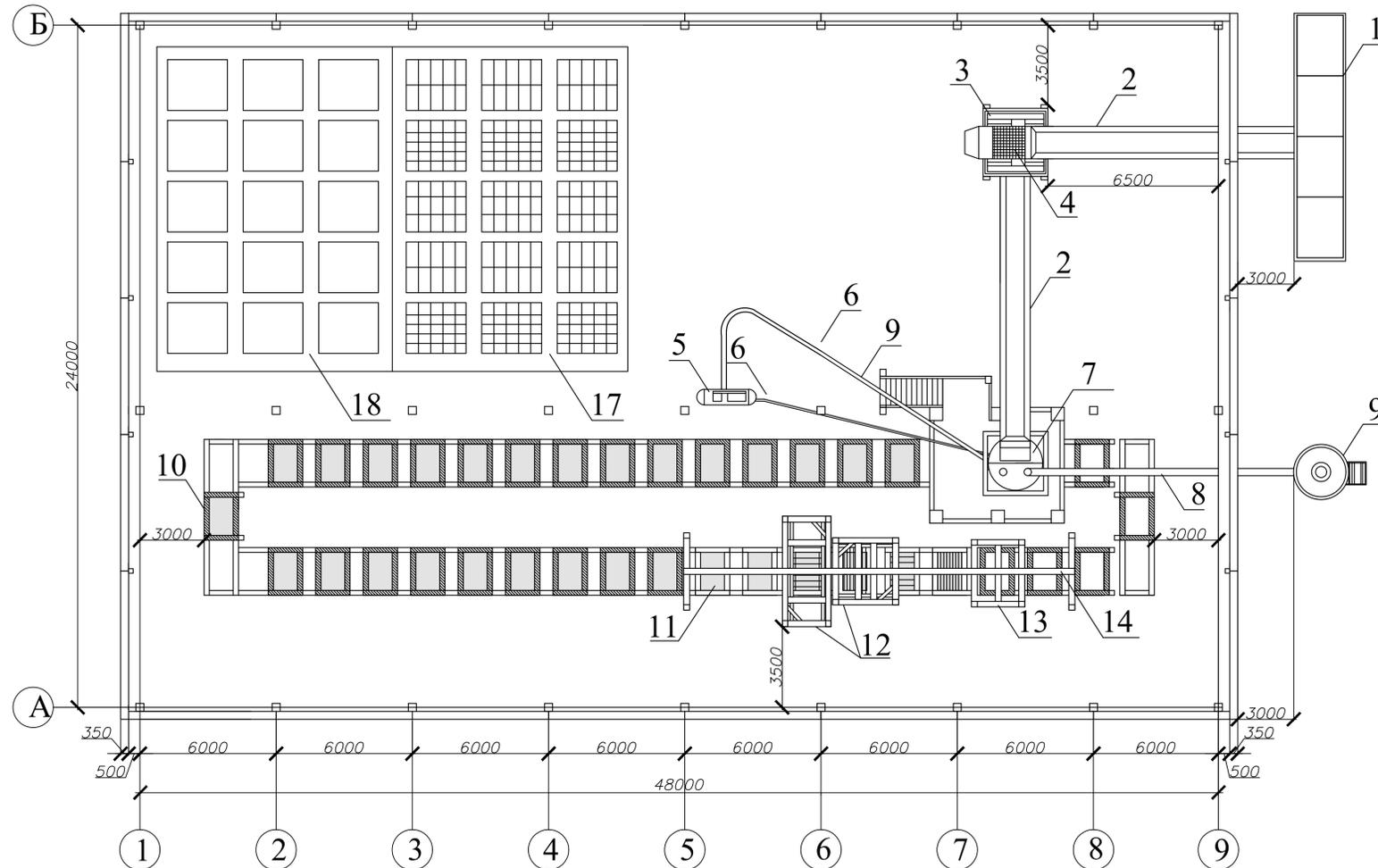
Соотношения марок бетона по средней плотности с классами бетона по прочности на сжатие

Марка бетона по средней плотности	D500	D600	D700	D800	D900	D1000	D1100	D1200
Класс бетона по прочности на сжатие, не менее	B3,5	B5	B5	B7,5	B7,5	B7,5	B10	B12,5
	B2,5	B3,5	B3,5	B5	B5	B5	B7,5	B10
	B2	B2,5	B2,5	B3,5	B3,5	-	-	-
	B1,5	B2	B2	B2,5	B2,5	-	-	-

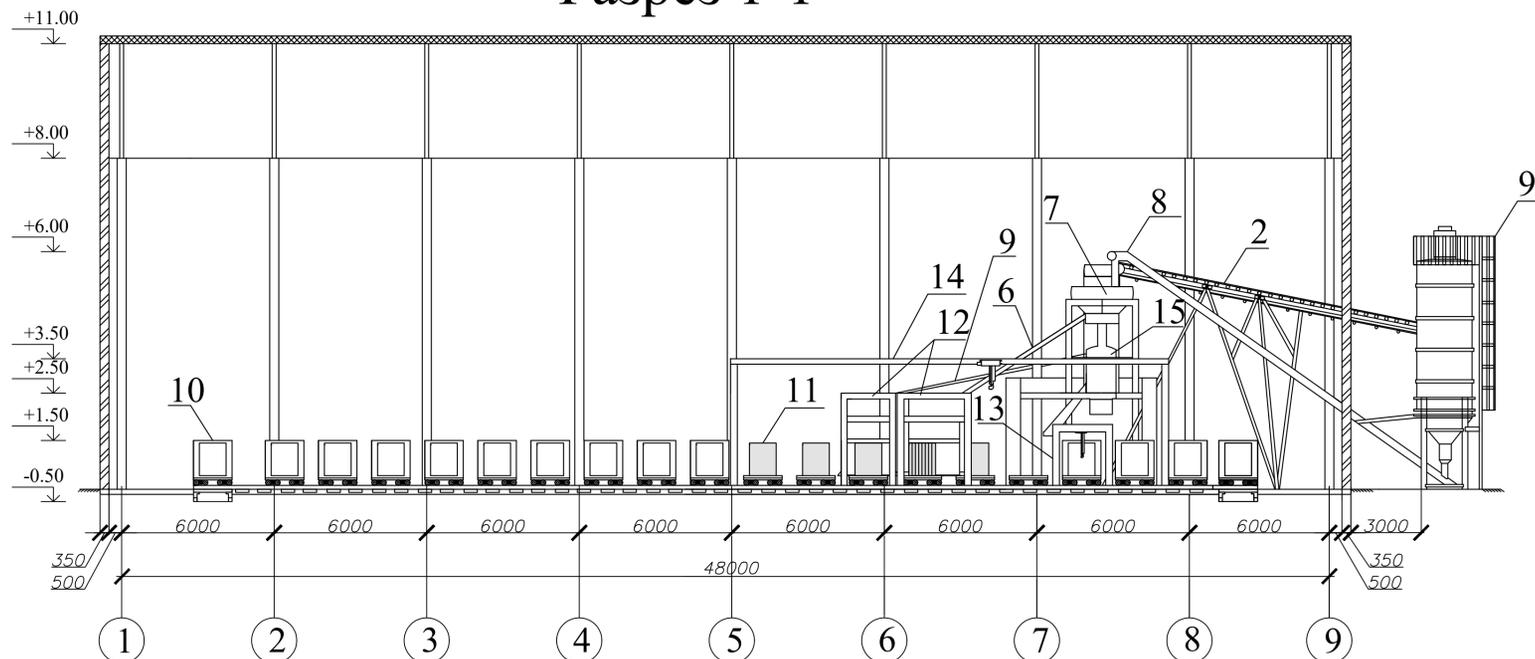
БР-08.03.01.04-2020					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата	
Разраб.	А.П.Гермофенова				
Руковод.	И.Г.Калугин				
Зав.каф.	И.Г.Енджеская				
Технологическая линия по производству пенобетона методом сухой минерализации					Страницы
Номенклатура изделий					1
					СФУ ИСИ каф.СМиТС группа СБ16-41ПБ

# План и разрезы технологической линии по производству пенобетона

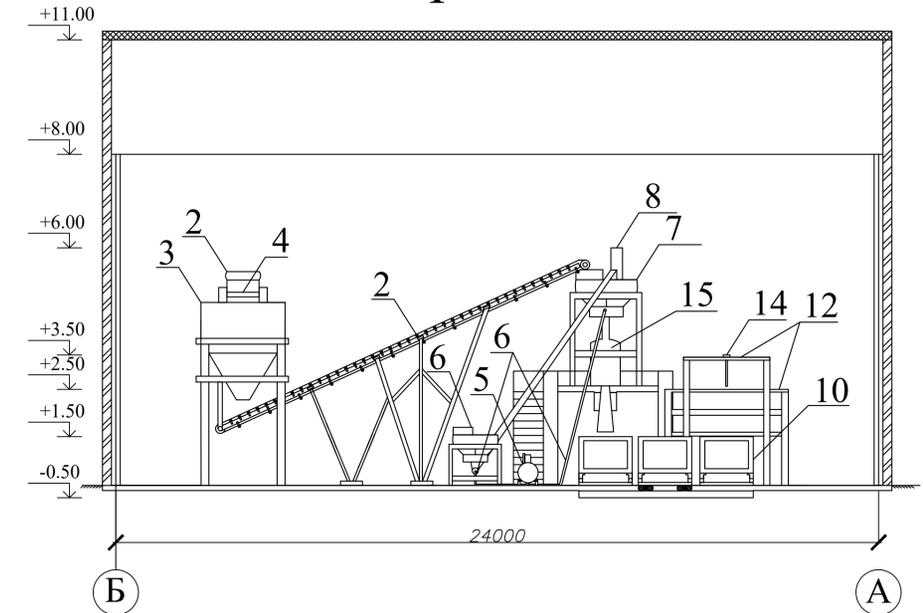
## План на отметке 0.000



## Разрез 1-1



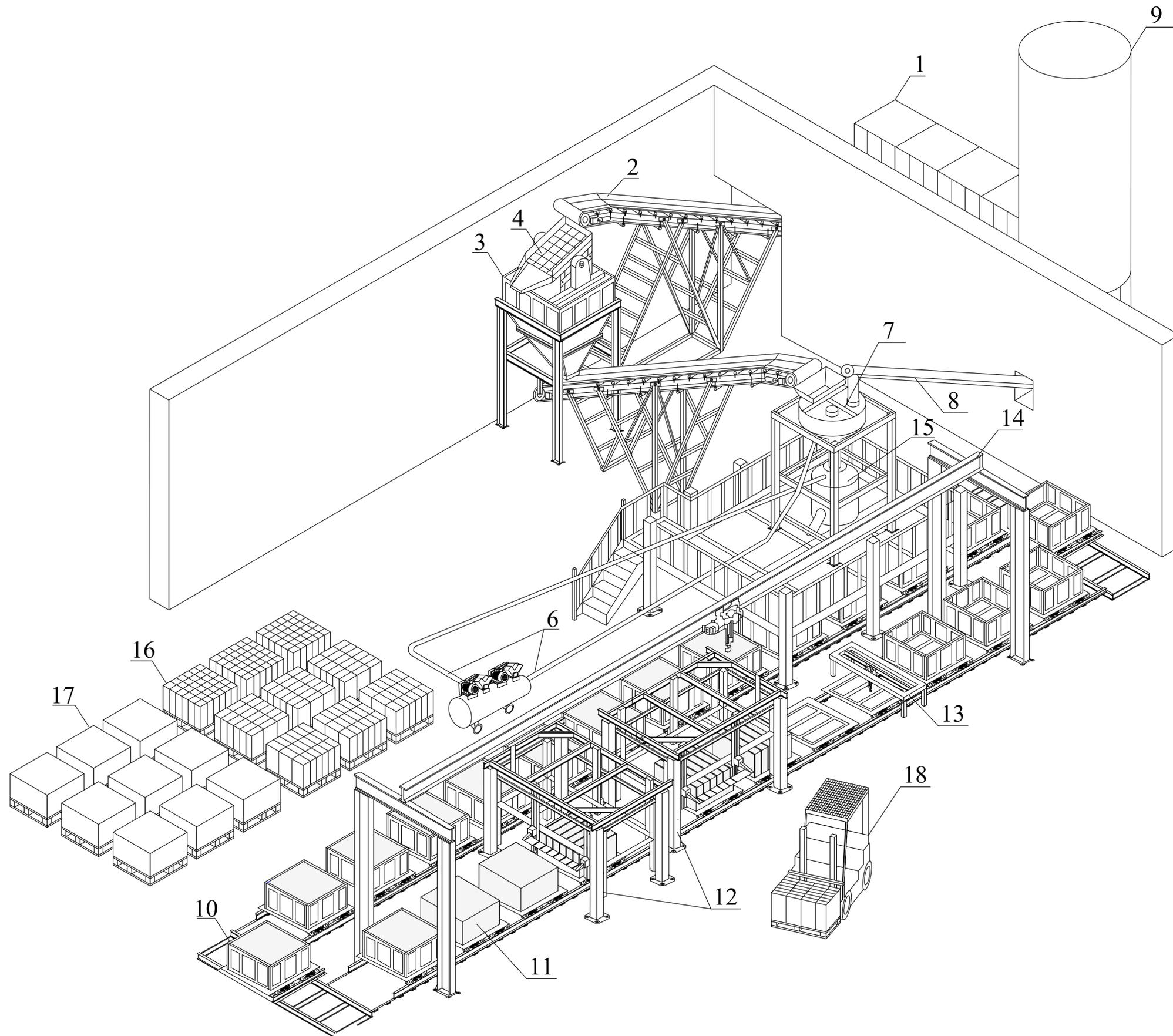
## Разрез 2-2



Ведомость оборудования		
Обозн.	Наименование	Примеч.
1	Склад песка	
2	Ленточный конвейер	
3	Бункер песка	
4	Грохот	
5	Компрессор	
6	Трубопровод для воздуха	
7	Бункер смеси	
8	Шнек	
9	Силос цемента	
10	Форма массива	
11	Массив	
12	Резательный комплекс	
13	Пост сборки форм	
14	Кран балка	
15	Турбулентный смеситель	
16	Пост досушки	
17	Склад готовой продукции	
18	Электрокар	

БР-08.03.01.04-2020			
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Лист	Докум.	Подпись Дата
Разраб.	А.И.Г.Ермоленова		
Руковод.	И.Г.Калугин		
Зав.каф.	И.Г.Енджиевская		
Технологическая линия по производству пенобетона методом сухой минерализации			Лист 3
План и разрез технологической линии по производству пенобетона			СФУ ИСИ каф.СМТС группа СБ16-41ПБ

# Технологическая схема производства пенобетона



Ведомость оборудования		
Обозн.	Наименование	Примеч.
1	Склад песка	
2	Ленточный конвейер	
3	Бункер песка	
4	Грохот	
5	Компрессор	
6	Трубопровод для воздуха	
7	Бункер смеси	
8	Шнек	
9	Силос цемента	
10	Форма массива	
11	Массив	
12	Резательный комплекс	
13	Пост сборки форм	
14	Кран балка	
15	Турбулентный смеситель	
16	Пост досухки	
17	Склад готовой продукции	
18	Электрокар	

				БР-08.03.01.04-2020		
				Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата	Стадия	Лист
Разраб.		А.П.Гермонова			Технологическая линия по производству пенобетона методом сухой минерализации	2
Руковод.		И.Г.Калугин			Технологическая схема производства	
Зав.каф.		И.Г.Енджисевская			СФУ ИСИ каф.СМТС группа СБ16-41ПБ	

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

Инженерно-строительный институт

Строительные материалы и технологии строительства  
*кафедра*

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

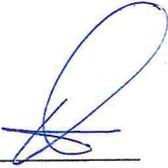
И.Г. ЕНДЖИЕВСКАЯ  
*подпись      инициалы, фамилия*

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01 «Строительство»  
*код, наименование направления*

Технологическая линия по производству пенобетона методом сухой минерализации.

Руководитель	 <i>подпись, дата</i>	<u>доцент, канд.техн.наук</u> <i>должность, ученая сте</i>	<u>И.Г. Калугин</u> <i>инициалы, фамилия</i>
Выпускник	 <i>подпись, дата</i>		<u>А.П. Гермогенова</u> <i>инициалы, фамилия</i>

Красноярск 2020

Студенту Гермогеновой Айыыне Петровне

*фамилия, имя, отчество*

Группа СБ 16-41ПБ Направление (профиль) 08.03.01

*(номер)*

*(код)*

«Строительство» - профиль «Технолог бетонного производства»

*наименование*

Тема выпускной квалификационной работы Технологическая линия по  
производству пенобетона методом сухой минерализации

Утверждена приказом по университету № 7679/с от 11.06.2020 г.

Руководитель ВКР И.Г. Енджиевская, к. т. н., доцент кафедры СМиТС  
ИСИ СФУ

*инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы*

Исходные данные для ВКР бакалавра Разработать технологическую  
линию по производству пенобетона методом сухой минерализации

Перечень разделов ВКР бакалавра Состояние вопроса, технология  
производства, общие выводы

Перечень графического материала Технология производства – 4 листа

Руководитель ВКР

подпись

И.Г. Калугин  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

А.П.Гермогенова,  
инициалы и фамилия

«04» июня 2020 г.

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

Инженерно-строительный институт  
*институт*  
Строительные материалы и технологии строительства  
*кафедра*

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ И.Г. ЕНДЖИЕВСКАЯ  
*подпись      инициалы, фамилия*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**