

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 технологической части**

08.03.01 «Строительство»

*код – наименование направления*

Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых  
ограждений серии 97

Руководитель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

к.т.н. доцент, Пересыпкин Е.В.

должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Гранкин И.А., Попова М.А.

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 Гранкину Игорю Александровичу, Поповой Марине Александровне

*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 Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97

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

Руководитель ВКР Е.В. Пересыпкин, 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 крупнопанельных стеновых ограждений серии 97

Перечень разделов ВКР бакалавра Технико-экономическое обоснование, технологическая часть

Перечень графического материала Технологическая часть – 10 листов.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_

*подпись*

Е.В. Пересыпкин

*инициалы и фамилия*

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

*подпись*

И.А. Гранкин, М.А. Попова

*инициалы и фамилия*

«\_\_» \_\_\_\_ 2017 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная бакалаврская работа по теме: Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97 содержит 98 страниц текстового документа, 9 таблиц, формулы, 28 использованных источников, 10 листов графического материала.

**БЕТОН, СТЕНОВЫЕ ПАНЕЛИ, БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ, КОНВЕЙЕРНЫЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА, ПОТОЧНО-АГРЕГАТНЫЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА, ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ В КАССЕТАХ.**

Цель работы - разработать технологическую линию по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97.

В связи с широким распространением крупнопанельного домостроения серии 97 и высокой потребности в производстве крупнопанельных стеновых ограждений данной серии целесообразно разрабатывать технологическую линию по производству стеновых ограждений. Крупнопанельное домостроение сегодня является одним из приоритетных направлений в жилищном строительстве нашей страны. Современные типовые серии домов соответствуют представлению о комфортном жилье, а постоянное совершенствование конструктивных и планировочных решений обеспечивает регулярный прогресс в этом направлении.

Аннотация: в данной бакалаврской работе отображена актуальность темы, приведено технико-экономическое обоснование, подобраны сырьевые материалы, рассчитаны составы легкого и тяжелого бетона, представлены расчеты бетоносмесительного узла, подобрана и рассчитана наиболее эффективная с экономической точки зрения технология производства каждого пролета. По результатам расчетов была разработана технологическая линия и выполнен подбор оборудования для производства крупнопанельных стеновых ограждений серии 97.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Технико-экономическое обоснование.....	6
1.1 Номенклатура продукции.....	8
1.2 Выбор сырьевых материалов.....	19
1.2.1 Вода.....	19
1.2.2 Вяжущие вещества.....	19
1.2.3 Заполнители.....	21
1.2.4 Добавки.....	23
1.2.5 Арматурная сталь.....	24
1.2.6 Утеплитель.....	25
2 Технологическая часть.....	26
2.1 Выбор составляющих бетонной смеси.....	26
2.2 Расчеты бетона.....	28
2.2.1 Расчет состава тяжелого бетона.....	28
2.2.2 Расчет состава легкого бетона.....	36
2.3 Технология бетоносмесительного узла.....	40
2.3.1 Расчет бетоносмесительного узла.....	42
2.3.1.1 Расчет числа смесительных машин.....	42
2.3.1.2 Расчет бетоносмесителей.....	45
2.3.1.3 Расчет технологического оборудования.....	47
2.3.1.4 Расчет складов заполнителей.....	57
2.3.1.5 Расчет складов цемента.....	62
2.4 Технология производства изделий.....	64
2.4.1 Технология формовочного пролета №1 цеха №2.....	64
2.4.1.1 Расчет конвейерного производства.....	67

2.4.1.2	Определение размеров щелевой камеры.....	68
2.4.2	Технология формовочного пролета №2 цеха №2.....	72
2.4.2.1	Расчет поточно-агрегатного производства.....	75
2.4.2.2	Определение размеров ямной камеры.....	78
2.4.3	Технология формовочного пролета №3 цеха №2.....	84
2.4.3.1	Расчет кассетного производства.....	87
2.4.4	Расчет складов готовой продукции.....	89
2.5	Технология арматурного производства.....	91
2.5.1	Расчет площади склада арматуры.....	92
2.6	Организация производства.....	94
	Заключение.....	95
	Список использованных источников.....	96

## ВВЕДЕНИЕ

Современное строительство сложно представить без использования бетона, это один из самых массовых строительных материалов. Широкое применение сборного железобетона позволило значительно сократить в строительстве расход металла, древесины и других традиционных материалов, резко повысить производительность труда, сократить сроки возведения зданий и сооружений.

Крупнопанельное домостроение - один из способов сборного строительства, основанный на использовании предварительно изготовленных крупных железобетонных панелей и плит заводского производства при возведении больших жилых, административных и зданий общественного назначения. Крупнопанельное домостроение сегодня является одним из приоритетных направлений в жилищном строительстве нашей страны. Современные типовые серии домов соответствуют представлению о комфортном жилье, а постоянное совершенствование конструктивных и планировочных решений обеспечивает регулярный прогресс в этом направлении.

Идея крупнопанельного домостроения в России выдвигалась еще в 1920-1930 годах, но из-за недостаточного развития строительной техники она так и осталась на стадии проекта. И только с 1953 г. крупнопанельное домостроение стало осуществляться высокомеханизированными заводами по типовым проектам с учетом особенностей районов строительства.

Наружные стены состоят из трехслойных панелей, высота которых равна высоте этажа, а ширина – одной комнате. Толщина панели зависит от климатических условий района строительства и физико-технических свойств теплоизоляционного материала. Наружный и внутренний слои панели выполнены из легкого бетона. Панели внутренних стен могут быть несущими и ненесущими. Размеры панелей соответствуют размерам комнат.

Панели и плиты перекрытия при монтаже здания устанавливаются на растворных горизонтальных швах, а внутренние вертикальные швы заполняют раствором или бетоном. В местах сопряжений панели имеют закладные детали, к которым приваривают стальные соединения, за счет чего и достигается связь всех панелей и устойчивость здания.

*Актуальность темы* бакалаврской работы связана с широким распространением крупнопанельного домостроения серии 97 и высокой потребности в производстве крупнопанельных стеновых ограждений данной серии.

*Целью* данного проекта является разработка технологической линии по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97. Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

- 1) Подобрать сырьевые материалы;
- 2) Рассчитать состав легкого и тяжелого бетона;
- 3) Рассчитать бетоносмесительный узел;
- 4) Разработать технологию производства для изделий и рассчитать ее.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка использованных источников.

В первой главе рассматривается технико-экономическое обоснование работы, актуальность, подбираются материалы для производства изделий в соответствии ГОСТ.

Вторая глава является технологической частью. В ней ведутся расчеты оборудования бетоносмесительного узла, подбирается и рассчитывается технология производства некоторых изделий с экономической точки зрения, подбираются камеры тепловлажностной обработки и вспомогательное оборудование, ведутся расчеты складов и рассматривается технология арматурного производства. По окончании второй главы пишется заключение по работе.

## **1 Техничко-экономическое обоснование**

Серия 97 – серия крупнопанельных жилых домов и блок-секций, разработана СибЗНИИЭП в 1967 году. Серия основана на конструктивной схеме с поперечными (шаги 3,0 и 4,5 метра) и продольными (пролёты 4,5 и 6 метра) несущими стенами. Дома серии 97 можно найти в любом районе страны. Это объясняется рядом преимуществ крупнопанельного домостроения перед монолитным и кирпичным. Во-первых, строительство панельного дома обходится в среднем на 20% дешевле, чем кирпичного и на 40% дешевле монолитного, поэтому и квартиры в панельном доме значительно дешевле. На заводах панели производятся в соответствии современным ГОСТ и СНиП, что гарантирует качество и долговечность панелей. Во-вторых, на возведение панельного дома тратится на 30% меньше времени, чем на возведение аналогичного монолитного или кирпичного дома [2]. Современные наружные панели отличаются повышенной теплоизоляцией за счет использования трехслойной технологии и благодаря внешней декоративной отделке разнообразны по цветовой гамме.

В рамках данного проекта произведены необходимые и достаточные расчёты для организации производства крупнопанельных стеновых ограждений 97 серии с учётом актуальных данных о ситуации на рынке, мощностью 90 тыс. м<sup>3</sup>/год.

С экономической точки зрения изделия производятся по трем технологиям: конвейерной в 1 пролете, поточно-агрегатной во 2 пролете и кассетной в 3 пролете.

По конвейерной технологии изготавливаются наружные плиты 3,0х3,0 м, т.к. конвейерные технологические линии целесообразно применять при изготовлении однотипных конструкций большими партиями. Конвейерная технология по сравнению с поточно-агрегатной является более совершенной формой поточного производства, позволяющая организовать технологический процесс большей мощности с высокой механизацией и автоматизацией операций. В качестве тепловой установки для пропаривания принимаем

щелевую пропарочную камеру. Щелевые камеры для тепловой обработки являются одним из вариантов туннельных камер и отличаются тем, что изделия в них движутся в один ярус. Камера представляет собой горизонтальный тоннель, чаще всего располагаемый под полом цеха. Вагонетки с изделиями, поступая в камеру с одного конца, движутся по рельсовому пути внутри тоннеля и выходят из камеры с другого ее конца. Вагонетка, поступая в камеру, занимает определенную позицию (пост), на которой она находится какое-то время в зависимости от ритма подачи изделий в камеру. Щелевые камеры дают большую технико-экономическую эффективность нежели многоярусные туннельные камеры, большие торцовые теплопотери которых приводят к удлинению цикла тепловой обработки и увеличению удельных расходов пара. Преимуществом щелевой камеры являются: экономия тепловой энергии за счет функциональных зон и экономия затрат теплоты на нагрев конструкции после каждого цикла [26].

По поточно-агрегатной технологии производятся наружные плиты 3,0x4,5 м, т.к. этот способ предназначен для производства крупногабаритных, нестандартных изделий, различной номенклатуры с меньшим объемом производства. Для тепловлажностной обработки принимаем ямную камеру.

По кассетной технологии производятся внутренние стеновые панели и перекрытия, т.к. в вертикальных кассетных установках наиболее эффективно изготовление плоских изделий широкой номенклатуры. Преимущества кассетных установок: резкое сокращение потребности в заводских площадях, уменьшение общей продолжительности производственного цикла, так как большинство производственных операций (формование, тепловая обработка) осуществляется в одной установке, при этом обеспечивается высокая степень заводской готовности изделий.

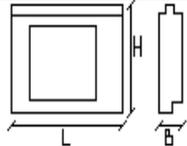
Таким образом, в связи с пиком развития жилого строительства и высоким спросом на крупнопанельное домостроение, мы считаем, экономически обоснованным производить изделия серии 97, а грамотное размещение технологических линий и постов, и подбор наиболее эффективной технологии производства для каждого изделия поможет увеличить съём продукции с 1 м<sup>3</sup> цеха и минимизировать затраты на обслуживание и отопление цеха.

## 1.1 Номенклатура выпускаемой продукции

Годовой выпуск изделий серии 97.87.00 мощностью 90 тыс м<sup>3</sup> в год.

Номенклатура цеха выполнена в соответствии сборникам фирмы «Культбытстрой».

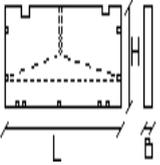
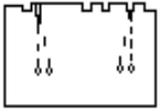
Таблица 1.1 - Номенклатура цеха

№	Маркировка изделия	Эскиз	Основные размеры, мм			Марка бетона	Масса, кг	Объем бетона на изделие, м <sup>3</sup>	Расход стали на изделие, кг
			l	b	h				
Наружные стеновые панели									
1	ЗНС12.29.35-200л (Н-1)		1200	350	2900	200	1010	0,64	13,00
1.1	ЗНС16.29.35-200лш (Н-102)		1600	350	2900	200	1150	0,68	24,93
1.2	ЗНС16.29.35-200лш-1 (Н-103)		1600	350	2900	200	1150	0,68	24,93
1.3	ЗНС30.29.35-200лш (Н-105)		2990	350	2900	200	2290	1,34	40,23
1.4	ЗНС30.27.35-200лш-1 (Н-107)		2990	350	2730	200	1798	0,91	44,81
1.5	ЗНС30.26.35-200лш-1 (Н-108)		2990	350	2610	200	1530	0,75	42,64

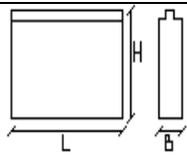
Продолжение таблицы 1.1

№	Маркировка изделия	Эскиз	Основные размеры, мм			Марка бетона	Масса, кг	Объем бетона на изделие, м <sup>3</sup>	Расход стали на изделие, кг
			l	b	h				
Наружные стеновые панели									
1.6	ЗНС30.14.35-200лш (Н-110)		2990	350	1360	200	1068	0,64	21,95
1.7	ЗНС33.29.35-200лш (Н-111)		3265	350	2900	200	2393	1,37	42,76
1.8	ЗНС33.29.35-200лш-1 (Н-112)		3265	350	2900	200	2393	1,37	42,76
1.9	ЗНС45.29.35-200лш (Н-113)		4490	350	2900	200	3488	1,93	73,13
1.10	ЗНС45.27.35-200лш (Н-114)		4490	350	2730	200	3037	1,61	70,78
1.11	ЗНС45.26.35-200лш (Н-115)		4490	350	2610	200	2782	1,46	69,61
1.12	ЗНС48.29.35-200 (Н-116)		4765	350	2900	200	3722	2,19	63,90
1.13	ЗНС60.29.35-200лш (Н-118)		5990	350	2900	200	4002	2,34	124,27
1.14	ЗНС30.26.35-200л-1 (Н-19)		2990	350	2510	200	1337	0,86	29,36

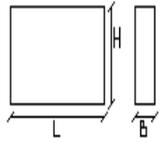
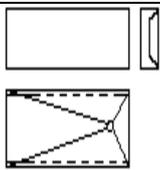
Продолжение таблицы 1.1

№	Маркировка изделия	Эскиз	Основные размеры, мм			Марка бетона	Масса, кг	Объем бетона на изделие, м <sup>3</sup>	Расход стали на изделие, кг
			l	b	h				
Наружные стеновые панели									
1.15	ЗНС30.29.35-200л (Н-22)		2990	350	2900	200	2272	1,25	29,22
Плиты перекрытия									
2	П-5		4480	160	2980	200	5350	2,14	64,27
2.1	П-6		4480	160	2980	200	5460	2,12	72,24
2.2	П-7		4480	160	2980	200	5300	2,12	64,62
2.3	П-8		4480	160	2980	200	5340	2,14	55,32
2.4	П-9		5980	160	2980	200	6800	2,63	123,25
2.5	П-10		5980	160	2980	200	6800	2,72	123,25
2.6	П-11		5980	160	2980	200	7129	2,85	122,87
2.7	П-12		5980	160	2980	200	7129	2,85	121,47
Внутренние стеновые панели									
3	В 1		5890	160	2610	200	6100	2,44	21,42
3.1	В 2		5890	160	2610	200	5350	2,44	31,68

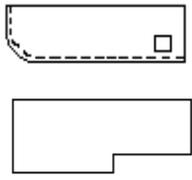
Продолжение таблицы 1.1

№	Маркировка изделия	Эскиз	Основные размеры, мм			Марка бетона	Масса, кг	Объем бетона на изделие, м <sup>3</sup>	Расход стали на изделие, кг
			l	b	h				
Внутренние стеновые панели									
3.2	В 3		2980	160	2610	200	2350	0,81	33,18
3.3	В 4		4390	160	2610	200	4574	1,83	26,72
3.4	В 5-1		4390	160	2610	200	3825	1,53	46,06
3.5	В 7		5890	160	2610	200	6150	2,46	42,08
3.6	В 8		5890	160	2610	200	5400	2,16	58,48
3.7	В 9		5890	160	2610	200	4837	2,0	39,63
3.8	В 11-1		5890	160	2610	200	6525	2,61	95,96
3.9	В 12-2		5890	160	2610	200	6325	2,53	63,96
3.10	В 13		1380	160	2610	200	700	0,28	18,54
3.11	В 15		2890	160	2610	200	1725	0,69	27,68
Наружные цокольные панели									
4	Ц 1		1480	400	2150	200	1310	0,76	14,93
4.1	Ц 2		1200	400	2150	200	1066	0,63	9,52
4.2	Ц 3		2990	400	2150	200	2677	1,71	23,71
4.3	Ц 4		2990	400	2150	200	2189	1,26	28,76
4.4	Ц 6			400	2150	200	2655	1,69	31,52

Продолжение таблицы 1.1

№	Маркировка изделия	Эскиз	Основные размеры, мм			Марка бетона	Масса, кг	Объем бетона на изделие, м <sup>3</sup>	Расход стали на изделие, кг
			l	b	h				
Наружные цокольные панели									
4.5	Ц 7		4490	400	2150	200	4024	2,31	42,22
4.6	Ц 8		4715	400	2150	200	4027	2,58	41,84
Внутренние цокольные панели									
5	ЦВ 1		2980	160	1980	200	1580	1,56	40,50
5.1	ЦВ 2		4390	160	1980	200	2680	1,48	52,06
5.2	ЦВ 3		5890	160	1980	200	3780	1,51	64,64
5.3	ЦВ 4		5890	160	1980	200	4125	1,65	50,34
5.4	ЦВ 6		5890	160	1980	200	4125	1,77	49,36
5.5	ЦВ 7		5890	160	1980	200	4000	1,60	50,51
5.6	ЦВ 8		540	160	1980	200	675	0,27	7,75
Кровельные панели									
6	КПГ 15		5890	1480	400	200	1920	0,77	69,23
6.1	КПГ 15-2		4390	1480	400	200	1450	0,58	52,75
6.2	КПГ 30		5890	2980	400	200	4000	1,62	130,77
6.3	КПГ 30-2		5890	2980	400	200	4000	1,65	96,13

Окончание таблицы 1.1

№	Маркировка изделия	Эскиз	Основные размеры, мм			Марка бетона	Масса, кг	Объем бетона на изделие, м <sup>3</sup>	Расход стали на изделие, кг
			l	b	h				
Кровельные панели									
6.4	КПГ 30-3		4390	2980	400	200	2900	1,14	96,13
6.5	КПГ 30-4		5890	2980	400	200	4000	1,601	96,13
Балконные плиты									
7	ПБ420-2-2		4200	80	1100	200	1000	0,40	42,05
7.1	ПБ450-3		4480	1250	80	200	1220	0,47	44,3
7.2	ПБ450-3-2		4480	80	1250	200	1140	0,47	44,3
Перегородки									
8	ПЖ 1		1010	60	2620	200	400	0,16	4,95
8.1	ПЖ 3		1410	60	2620	200	350	0,14	10,11
8.2	ПЖ 5		2260	60	2620	200	900	0,36	9,39
8.3	ПЖ 7		2800	60	2620	200	820	0,33	17,60
8.4	ПЖ 8		4300	60	2620	200	800	0,52	12,61
8.5	ПЖ 10		1590	60	2620	200	625	0,25	8,92

Марка бетона по морозостойкости – F50;

Марка легкого бетона – 200

Марка тяжелого бетона – 200

Вид, обозначение арматурной стали – конструктивная арматурная проволока гладкая холоднотянутая класса В<sub>p</sub> – I согласно ГОСТ6727-80\* «Проволока из низкоуглеродной стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия»

Способ армирования – сварными плоскими каркасами, сетками, дискретными связями.

Таблица 1.2 - Сводная таблица по номенклатуре

Марка изделия	Количество, шт	Объем бетона, м <sup>3</sup>	
		На единицу	На продукцию
Наружные стеновые панели			
ЗНС30.29.35-200лш (Н-105)	831	1,34	1113,54
ЗНС30.27.35-200лш-1 (Н-107)	18	0,91	16,38
ЗНС30.26.35-200лш-1 (Н-108)	162	0,75	121,50
ЗНС33.29.35-200лш (Н-111)	580	1,37	794,6
ЗНС33.29.35-200лш-1 (Н-112)	310	1,37	424,70
Итого	4931	14,2	2470,72
ЗНС12.29.35-200л (Н-1)	90	0,64	57,6
ЗНС16.29.35-200лш (Н-102)	580	0,68	394,4
ЗНС16.29.35-200лш-1 (Н-103)	310	0,68	210,8
ЗНС30.14.35-200лш (Н-110)	40	0,64	25,6
ЗНС45.29.35-200лш (Н-113)	171	1,93	330,03
ЗНС45.27.35-200лш (Н-114)	142	1,61	228,62

Продолжение таблицы 1.2

Марка изделия	Количество, шт	Объем бетона, м <sup>3</sup>	
		На единицу	На продукцию
ЗНС45.26.35-200лш (Н-115)	1278	1,46	1865,88
ЗНС48.29.35-200 (Н-116)	490	2,19	1073,1
ЗНС60.29.35-200лш (Н-118)	279	2,34	652,86
ЗНС30.26.35-200л-1 (Н-19)	40	0,86	34,4
ЗНС30.29.35-200л (Н-22)	40	1,25	50
Итого	3460	14,28	4923,29
Внутренние стеновые панели			
В 1	90	2,44	219,6
В 2	378	2,44	922,32
В 3	378	0,81	306,18
В 4	1460	1,83	2671,8
В 5-1	809	1,53	1237,77
В 7	872	2,46	2145,12
В 8	1163	2,16	2512,08
В 9	1295	2,0	1012
В 11-1	400	2,61	164,92
В 12-2	400	2,53	6,21
В 13	589	0,28	14832
В 15	9	0,69	219,6

Продолжение таблицы 1.2

Марка изделия	Количество, шт	Объем бетона, м <sup>3</sup>	
		На единицу	На продукцию
Итого	7843	21,78	14832
Наружные цокольные панели			
Ц 1	89	0,76	67,64
Ц 2	9	0,63	5,67
Ц 3	417	1,71	713,07
Ц 4	40	1,26	50,4
Ц 6	129	1,69	218,01
Ц 7	160	2,31	369,6
Ц 8	120	2,58	309,6
Итого	1204	16,1	1220,1
Внутренние цокольные панели			
ЦВ 1	213	1,56	332,28
ЦВ 2	231	1,48	341,88
ЦВ 3	311	1,51	469,61
ЦВ 4	80	1,65	132
ЦВ 6	80	1,77	141,6
ЦВ 7	18	1,60	28,8
ЦВ 8	62	0,27	16,74
Итого	995	9,84	1462,91

Продолжение таблицы 1.2

Марка изделия	Количество, шт	Объем бетона, м <sup>3</sup>	
		На единицу	На продукцию
Плиты перекрытия			
П-5	1600	2,14	3424
П-6	1420	2,12	3010,4
П-7	180	2,12	381,6
П-8	1510	2,14	3231,4
П-9	1200	2,63	3156
П-10	1200	2,72	3264
П-11	90	2,85	256,5
П -12	31	2,85	88,35
Итого	7231	19,57	16812,3
Балконные плиты			
ПБ420-2-2	1420	0,40	568
ПБ450-3	135	0,47	63,45
ПБ450-3-2	45	0,47	21,15
Итого	1600	1,34	652,6
Перегородки			
ПЖ 1	431	0,16	68,96
ПЖ 3	850	0,14	119,0
ПЖ 5	670	0,36	241,20

Окончание таблицы 1.2

Марка изделия	Количество, шт	Объем бетона, м <sup>3</sup>	
		На единицу	На продукцию
ПЖ 7	211	0,33	69,63
ПЖ 8	1470	0,52	764,40
ПЖ 10	1581	0,25	395,25
Итого	5213	1,76	1658,44

## **1.2 Выбор сырьевых материалов**

Для производства ЖБИ используют такие сырьевые материалы, как вяжущие, мелкий и крупный заполнитель, добавки и арматурная сталь. Проектирование технологической линии предприятия по выпуску ЖБИ требует правильного подбора сырьевых материалов для каждого вида изделия, который будет обеспечивать заданные свойства бетона и экономию средств.

### **1.2.1 Вода**

Согласно ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия» для затворения бетонной смеси при изготовлении напряженных железобетонных конструкций максимально допустимое содержание растворимых солей не более 2000 мг/л, сульфатов не более 600 мг/л, хлоридов не более 500 мг/л и взвешенных частиц не более 200 мг/л.

Допускается к применению вода при наличии на поверхности только следов (радужной пленки) нефтепродуктов, масел и жиров.

Водородный показатель воды pH должен быть не менее 4 и не более 12,5, окисляемость воды должна быть не более 15 мг/л. Вода не должна содержать химических соединений и примесей в количествах, которые могут повлиять на сроки схватывания цемента, скорость твердения, прочность, морозостойкость и водонепроницаемость бетона, коррозию арматуры в пределах, превышающих нормы. В данном проекте будет использоваться вода, взятая от городских сетей.

### **1.2.2 Вяжущие вещества**

В качестве вяжущего будет использоваться портландцемент бездобавочный марки 400 Красноярского цементного завода. Портландцемент соответствует ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент» и ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия».

Данный цемент применяется для изготовления бетонных и строительных растворов, бетонных и железобетонных, сборных или монолитных конструкций и элементов (особенно при повышенных требованиях к динамике набора прочности в ранние сроки твердения), штукатурных, кладочных и других ремонтно-строительных работ. [1]

Согласно ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент» цемент должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) Цемент должен показывать равномерность изменения объема при испытании образцов кипячением в воде, а при содержании MgO в клинкере более 5% - в автоклаве.
- 2) Начало схватывание цемента должно наступать не ранее 45 мин, а конец – не позднее 10 ч от начала затворения.
- 3) Тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы при просеивании пробы цемента сквозь сито с сеткой № 008 по ГОСТ 6613-86 «Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия» проходило не менее 85 % массы просеиваемой пробы.
- 4) Массовая доля ангидрита серной кислоты  $SO_3$  для ПЦ 400-Д0 должна быть не менее 1 % и не более 3,5 % по массе.

Нормальная плотность цементного теста – 25 - 27 %.

Насыпная плотность цемента - 1200 кг/м<sup>3</sup>

Истинная плотность цемента - 3100 кг/м<sup>3</sup>

«Химический и минералогический состав портландцементного клинкера согласно паспорта качества ООО «Красноярский цемент» (Приложение А) приведен в таблице 1.3 и таблице 1.4».

Таблица 1.3 - Химический состав портландцементного клинкера

SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	п.п.п.
20,89%	63,83%	4,03%	4,68%	1,74%	2,66%	1,74%

Таблица 1.4 - Минералогический состав портландцементного клинкера

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
60%	19%	2,3%	15,5%

Тонкость помола прошедшего через сито № 008 – 95,2 %

Удельная поверхность, м<sup>2</sup>/кг – 297

### 1.2.3 Заполнители

Заполнители занимают в бетоне до 70-90% объема, оказывают влияние на технологические свойства бетона, процессы твердения, а также на строительные-технические, эксплуатационные свойства и являются основными компонентами бетона. Введение в бетон заполнителей позволяет сократить расход цемента.

Согласно ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4)» предъявляются следующие технические требования:

- 1) Щебень и гравий выпускают в виде следующих основных фракций:  
от 5 до 10 мм; св. 10 до 15 мм; св 10 до 20 мм; св. 15 до 20 мм; св. 20 до 40 мм; св. 40 до 80 мм и смеси фракций от 5 до 20 мм.

- 2) Гравий не должен содержать зерен пластинчатой и игловатой формы более 35% по массе, зерен слабых и выветренных пород не более 10%. Наличие глин в виде отдельных комьев в количестве 0,25% или пленки, обволакивающей зерна заполнителя, не допускается.
- 3) Щебень и гравий должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. Щебень и гравий, предназначенные для применения в качестве заполнителей для бетонов, должны обладать стойкостью к химическому воздействию щелочей цемента.
- 4) Щебень и гравий не должны содержать посторонних засоряющих примесей.

Согласно ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» предъявляются следующие технические требования:

- 1) В тяжелых бетонах должны использоваться пески с модулем крупности 1,5-3,25.
- 2) Содержание во фракционированном песке зерен свыше 5 мм, определяемое по фракции св. 2,5 до 5 мм, не должно превышать 5% по массе.
- 3) Содержание в каждой фракции фракционированного песка зерен размером более наибольшего размера и зерен менее наименьшего размера не должно превышать 5% по массе.
- 4) Песок, обогащенный песок и фракционированный песок, предназначенные для применения в качестве заполнителей для бетонов, должны обладать стойкостью к химическому воздействию щелочей цемента.
- 5) Пески не должны содержать посторонних засоряющих примесей.

а) Гравий

В качестве крупного заполнителя для тяжелого бетона применяем гравий для тяжелого бетона взятый с Березовского карьера ООО «Карьер

«Правобережный»» и керамзитовый гравий Ачинского керамзитового завода. Гравий удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267-93. Керамзитовый гравий удовлетворяет требованиям ГОСТ 32496-2013 «Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия».

Используем гравий фракции - 5-20 мм;

Пустотность – 40%

Насыпная плотность гравия - 1600 кг/м<sup>3</sup>;

Истинная плотность гравия - 2660 кг/м<sup>3</sup>;

Морозостойкость - F100;

б) Песок

Применяем песок с модулем крупности  $M_{кр}=2,3$  Березовского карьера ООО ««Карьер «Правобережный»», соответствующего ГОСТ 8736-2014.

Насыпная плотность песка - 1500 кг/м<sup>3</sup>

Истинная плотность песка - 2700 кг/м<sup>3</sup>

в) Керамзитовый гравий

Применяем керамзитовый гравий Ачинского керамзитового завода, соответствующий ГОСТ 32496-2013 «Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия».

Фракция 5-20 мм,

Марка по насыпной плотности М500,  $\rho=450-500$  кг/м<sup>3</sup>

Марка по прочности П100, прочность 2,0-2,5 Мпа.

#### **1.2.4 Добавки**

Добавки вводят в бетонную смесь с целью регулирования удобоукладываемости бетонных смесей и раствора. Они значительно сокращают расход воды, что позволяет увеличивать плотность, прочность, химическую стойкость и морозостойкость бетона.

В качестве добавки используем ЛСТ (лигносульфанаты технические) марки “А” ТУ 13-0281036-029-94 (взамен ТУ 13-0281036-05-89, ОСТ 13-183-83, ОСТ 81-04-546-79 – концентраты сульфитно-дрожжевой бражки, концентраты бардяные дикие), однородная густая жидкость темно-коричневого цвета.

- 1) Массовая доля сухих веществ, %, не менее 47;
- 2) рН водного раствора, не менее 4,4;
- 3) Предел прочности при растяжении высушенных образцов, Мпа, не менее 0,6;
- 4) Влажность для ЛСТ не регламентируется;
- 5) Массовая доля золы к массе сухих веществ, %, не более 18;
- 6) Вязкость условная, 50-320 с;
- 7) Массовая доля редуцирующих веществ к массе сухих веществ не регламентируется для ЛСТ не регламентируется;
- 8) Плотность, кг/м<sup>3</sup>, не менее 1230

Состав и качество пластификатора С-3 должны соответствовать ТУ 5745-001-97474489-2007. Раствор пластификатора представляет собой вязкую жидкость кофейного цвета, плотностью 1,16–1,2 г/см<sup>3</sup> при концентрации 30–36%. Расфасовывают жидкий пластификатор в пластиковые емкости от 0,5 до 10 л и металлические канистры от 10 л. 0,5–1 л на 100 кг цемента для подвижных бетонов, используемых при возведении стен, перекрытий, стяжек пола.

### **1.2.5 Арматурная сталь**

Строительная стальная арматура – представляет собой прут из металла, на который нанесено повторяющееся сечение. Применяется такая арматура для придания конструкциям различного назначения большей силы сопротивления и устойчивости, так как она прочно связывает между собой

слои бетона и тем самым препятствует появлению трещин в железобетонных конструкциях, сооружениях и фундаментах.

Прутковую стальную арматуру доставляют либо в стержневом виде длиной от 6 до 12 м, диаметром 6-40 мм, либо в бухтах, диаметром не менее 10 и длиной до 200 мм, а также проволочную стальную арматуру.

Основной нормативный документ по арматурным изделиям – ГОСТ 10922-2012 «Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязаные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия»

Арматура поставляется следующих классов: А-I, А-III компанией ООО «Металлстрой24».

### **1.2.6 Утеплитель**

В качестве теплоизоляционного материала применяем пенополистирол марки ППС-25, с номинальной плотностью 25 кг/м<sup>3</sup> произведенный согласно ГОСТ 15588-2014 «Плиты пенополистерольные теплоизоляционные. Технические условия», которые предъявляет следующие технические требования к пенополистирольным плитам:

- 1) Плиты должны иметь правильную геометрическую форму. Разность диагоналей наибольших граней плиты не должна превышать, мм:  
для плит длиной до 1000 включительно – 4; для плит длиной от 1000 до 2000 включительно – 6; для плит длиной свыше 2000 – 10;
- 2) На поверхности не допускаются выпуклости или впадины длиной более 50 мм, шириной более 3 мм и высотой более 3 мм.
- 3) Допускается притупленность ребер и углов глубиной не более 10 мм от вершины прямого угла и скосы по сторонам притупленных углов длиной не более 80 мм.
- 4) Показатели физико-механических свойств плит должны соответствовать требованиям ГОСТ 15588-2014.

## **2 Технологическая часть**

Для определения потребностей в сырьевых ресурсах, полуфабрикатах, оборудовании необходимо провести расчет по всем переделам технологического процесса. Расчет используют для проектирования складов заполнителей и цемента, БСУ, бетоносмесительного цеха, тепловых установок формовочных цехов и формовочных линий, складов готовой продукции.

### **2.1 Выбор составляющих бетонной смеси**

Выбор составляющих бетонной смеси определяется технологией формовочного производства. Основные виды бетонных смесей: керамзитобетон марки 200, объемным весом менее  $1500 \text{ кг/м}^3$  – для производства наружных стеновых панелей. Осадка конуса 8-10 см.

Настоящие бетонные смеси предназначены для конвейерного и поточно-агрегатного производства стеновых панелей.

Для кассетной технологии и производства 3 пролета потребуются бетонные смеси тяжелого бетона с осадкой конуса 14-16 см, марка бетона М200. Объемный вес тяжелых бетонных смесей для вертикального формования составит  $2400 \text{ кг/м}^3$ .

Подача тяжелой бетонной смеси определяет минимальную осадку конуса для кассет: при подаче тяжелого бетона адресной подачей достаточно ОК 14 см.

Подвижность керамзитобетонной смеси при формовании трехслойных конструкций равна 8-10 см, что подтверждается на примере опыта работы фирмы «Культбытстрой».

Исходя из требований к тяжелым бетонным смесям, при их приготовлении, транспортировании, укладке, уплотнении применяются следующие составляющие смеси:

- Гравий, Березовского карьера, наибольшей крупности зерен не более 20 мм, объемный вес  $1600 \text{ кг/м}^3$ , удельный вес  $2,66 \text{ кг/дм}^3$ , пустотность гравия 40%;

- Песок, Березовского карьера, кварцевый, мелкий, объемный вес 1500 кг/м<sup>3</sup>, удельный вес 2,7 кг/дм<sup>3</sup>;

- Цемент, Красноярского цементного завода, портландцемент марки М400.

Исходя из требований к керамзитобетонной смеси при ее приготовлении, транспортировании, укладке, термообработке применяются следующие составляющие смеси:

- Керамзитовый гравий, наибольшей фракции 5-20 мм, объемный вес 500кг/м<sup>3</sup>, объемный вес зерен в цементном тесте 1,1 кг/дм<sup>3</sup>;

- Песок, Березовского карьера, кварцевый, мелкий, объемный вес 1500 кг/м<sup>3</sup>, удельный вес 2,7 кг/дм<sup>3</sup>;

- Цемент, Красноярского цементного завода, портландцемент марки М400.

Вода для затворения тяжелого и легкого бетонов, а также растворов удовлетворяет требованиям ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия»

Бетоносмесительный узел оборудован 2 бетоносмесителями циклического перемешивания емкостью 1500 л, марка СБ-94.

Технологическая схема бетоносмесительного узла выполнена по вертикальной схеме и предусматривает в качестве основного варианта выдачу бетонов в формовочный пролет, а также имеется возможность выдачи 10-40% от общего объема товарного бетона в автотранспорт.

Смесительное и надбункерное отделения оснащены малорельсовыми путями для деталей. Заполнители для приготовления бетонных смесей должны удовлетворять требованиям государственных стандартов, при этом влажность песка не должна превышать 4%, влажность гравия не более 3%, для предотвращения водообразования [27].

Проектом предусмотрено применение жидких пластификаторов ЛСТ марки «А», а также других добавок, сокращающих расход цемента и улучшающих технологические свойства бетонных смесей.

## 2.2 Расчеты бетона

Расчеты бетона производятся по «Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы» - Красноярск, СФУ, 2012.

### 2.2.1 Расчет состава тяжелого бетона

Исходные данные:

Бетон М200

Отпускная прочность после ТВО – 70%

Подвижность БС – 14 см

Сырьевые материалы:

Портландцемент М400  $\rho_{ист} = 3,1 \text{ г/см}^3$   $\rho_{насц} = 1,2 \text{ г/см}^3$

Гравий 5-20 мм, пустотность 40%  $\rho_{насг} = 1,6 \text{ г/см}^3$   $\rho_{истг} = 2,66 \text{ г/см}^3$

Песок кварцевый  $\rho_{насп} = 1,5 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{истп} = 2,7 \text{ г/см}^3$

В расчетах состава бетона используют средние зависимости прочности бетона от различных факторов:

$$R_b = A \cdot R_{ц} \cdot (\frac{Ц}{В} - 0,5) \quad (2.1)$$

при  $\frac{В}{Ц} > 0,4$  ( $\frac{Ц}{В} < 2,5$ )

где  $R_6$  – прочность бетона в возрасте 28 суток, МПа;

$R_{ц}$  – активность или марка цемента;

$A$  – коэффициент, учитывающий качество материала;

$Ц/В$  – цементно-водное отношение.

Значение коэффициента  $A$  зависит от качества материала.

К высококачественным материалам относятся: портландцемент высокой активности, щебень из плотных горных пород высокой прочности, песок оптимальной крупности, заполнители (песок и щебень) чистые с оптимальным зерновым составом.

К рядовым материалам относятся: портландцемент средней активности или высокомарочный шлакопортландцемент, заполнители среднего качества, в том числе и гравий.

Материалы пониженного качества: крупные заполнители низкой прочности, мелкие пески, цементы низкой активности.

$$A = 0,6 \quad Ц/В = 1,33$$

$$R_6 = A \cdot R_{ц} (Ц/В - 0,5), \quad (2.2)$$

$$В/Ц = \frac{A \cdot R_{ц}}{R_6 + 0,5 \cdot A \cdot R_{ц}}, \quad (2.3)$$

$$В/Ц = \frac{0,6 \cdot 400}{200 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 400} = 0,75$$

Определяем расход воды:

$$B = 200 \text{ л.}$$

По найденному расходу воды (B), зная B/Ц отношение, находим расход цемента:

$$Ц = \frac{B}{B/Ц}, \quad (2.4)$$

$$Ц = \frac{200}{0,75} = 266,67 \text{ кг}$$

Расход крупного и мелкого заполнителя определяем, исходя из получения бетона плотной структуры и обеспечения минимального расхода цемента.

Расход крупного заполнителя:

$$\Gamma = \frac{1000}{\frac{П_{\Gamma} \cdot \alpha}{\rho_{ист}} + \frac{1}{\rho_{нас}}}, \quad (2.5)$$

где,  $П_{\Gamma}$  – пустотность гравия, в долях;

$\alpha$  – коэффициент раздвижки зерен раствором,  $\alpha = 1,42$ ;

$\rho_{ист}$  – истинная плотность гравия;

$\rho_{нас}$  – насыпная плотность гравия;

$$\Gamma = \frac{1000}{\frac{0,4 \cdot 1,42}{2,66} + \frac{1}{1,60}} = 1176,47 \text{ кг}$$

Расход мелкого заполнителя находим, исходя из суммы абсолютных объемов выше найденных расходов цемента, воды и щебня:

$$\Pi = \left( 1000 - \left( \frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{истц}}} + \frac{\Gamma}{\rho_{\text{истг}}} + \text{В} \right) \right) \cdot \rho_{\text{истп}}, \quad (2.6)$$

где Ц – расход цемента, кг;

Г – расход гравия, кг;

В – расход воды, л;

$\rho_{\text{истц}}$  – истинная плотность цемента;

$\rho_{\text{истг}}$  – истинная плотность гравия;

$\rho_{\text{истп}}$  – истинная плотность песка;

$$\Pi = \left( 1000 - \left( \frac{266,67}{3,1} + \frac{1176,47}{2,66} + 200 \right) \right) \cdot 2,70 = 733,64 \text{ кг}$$

Рассчитав номинальный состав бетона, выразим его в виде пропорции, где за единицу принят расход цемента:

$$\text{Ц} : \Pi : \Gamma = 1 : 2,75 : 4,41 \text{ по массе при } \text{В/Ц} = 0,75.$$

Итого на  $1\text{ м}^3$  необходимо:

$$\text{Ц} = 266,67 \text{ кг} \quad \Pi = 733,64 \text{ кг} \quad \Gamma = 1176,47 \text{ кг} \quad \text{В} = 200 \text{ л.}$$

Так как на практике заполнители всегда имеют влажность, следующим этапом является перерасчет лабораторного состава на производственный с учетом естественной влажности материалов:

$$П_{\text{пр}} = П + \frac{П \cdot W_{\text{п}}}{100}, \quad (2.7)$$

где  $П$  – расход песка, кг;

$W_{\text{п}}$  – влажность песка;

$$П_{\text{пр}} = 733,64 + \frac{733,64 \cdot 5}{100} = 770,32 \text{ кг}$$

$$\Gamma_{\text{пр}} = \Gamma + \frac{\Gamma \cdot W_{\text{г}}}{100}, \quad (2.8)$$

где  $\Gamma$  – расход гравия, кг;

$W_{\text{г}}$  – влажность гравия;

$$\Gamma_{\text{пр}} = 1176,47 + \frac{1176,47 \cdot 2}{100} = 1199,99 \text{ кг}$$

$$B_{\text{пр}} = B - \frac{П \cdot W_{\text{п}}}{100} - \frac{\Gamma \cdot W_{\text{г}}}{100}, \quad (2.9)$$

где  $\Gamma$  – расход гравия, кг;

$W_{\Gamma}$  – влажность гравия;

$\Pi$  – расход песка кг;

$W_{\Pi}$  – влажность песка;

$B$  – расход воды;

$$B_{\text{пр}} = 200 - \frac{733,64 \cdot 5}{100} - \frac{1176,47 \cdot 2}{100} = 139,79 \text{ л}$$

Производственный состав также выражаем в виде пропорции:

$$\text{Ц} : \Pi : \Gamma = 1 : 2,89 : 4,49 \text{ по массе}$$

Заполнители обладают большой пустотностью, поэтому выход бетонной смеси из бетономешалки всегда меньше по объему суммы естественных объемов, загружаемых компонентов бетона. Для учета этого факта вводится понятие коэффициента выхода бетона:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{насц}}} + \frac{\Pi_{\text{пр}}}{\rho_{\text{насп}}} + \frac{\Gamma_{\text{пр}}}{\rho_{\text{насг}}}}, \quad (2.10)$$

где  $\text{Ц}$  – расход цемента, кг;

$\Pi_{\text{пр}}$  – производственный расход песка, кг;

$\Gamma_{\text{пр}}$  – производственный расход гравия, кг;

$\rho_{\text{насц}}$ ,  $\rho_{\text{насп}}$ ,  $\rho_{\text{насг}}$  – насыпная плотность цемента, песка, гравия;

$$\beta = \frac{1000}{\frac{266,67}{1,2} + \frac{733,64}{1,5} + \frac{1176,47}{1,6}} = 0,69$$

Бетон после укладки при нормальных условиях ( $t=180 \pm 20\text{C}$  при 100% влажности) набирает расчетную марку в возрасте 28 суток. Рост прочности подчиняется логарифмическому закону, что позволяет рассчитать прочность в промежуточные сроки и твердение, начиная с 3 суток по формуле:

$$R_n = \frac{R_{28} \cdot \lg n}{\lg 28}, \quad (2.11)$$

где  $R_n$  – прочность бетона в возрасте  $n$  суток (не менее трех суток), МПа;

$R_{28}$  – марка бетона, МПа;

$n$  – время твердения в сутках.

$$R_n = \frac{200 \cdot \lg 7}{\lg 28} = \frac{200 \cdot 0,85}{1,45} = 117,24$$

После пропаривания бетон набирает 70-80% марочной прочности. Затвердевший бетон всегда имеет пористость, обусловленную рядом причин. Одной из основных причин является использование избыточного количества воды сверх необходимого для химической реакции. Избыточная вода нужна для получения необходимой удобоукладываемости бетонной смеси. Поэтому, исключая другие причины, можно рассчитать пористость бетона по формуле:

$$P_{\text{б}} = \left( \frac{V - V_{\text{хим}}}{V_{\text{бетона}}} \right) \cdot 100\%, \quad (2.12)$$

где  $V_{\text{хим}}$  – химически связанная вода, 15%;

$V_{\text{бетона}}$  – объем бетона

$V$  – расход воды, л;

$$P_{\text{б}} = \left( \frac{200 - 30}{1000} \right) \cdot 100\% = 17,0\%$$

$$V_{\text{хим}} = 200 \cdot 0,15 = 30 \text{ л}$$

Коэффициент плотности бетона:

$$K_{\text{пл}} = 100 - P_{\text{б}}; \quad (2.13)$$

где  $P_{\text{б}}$  – пористость бетона;

$$K_{\text{пл}} = 100 - 0,17 = 99,83.$$

## 2.2.2 Расчет состава легкого бетона

Исходные данные:

Бетон М 200

Плотность БС  $\rho=1500$  кг/м<sup>3</sup>

Подвижность БС – 8 см

Сырьевые материалы:

Портландцемент М400  $\rho_{истц} = 3,1$  г/см<sup>3</sup>  $\rho_{насц} = 1,2$  г/см<sup>3</sup>

Керамзит 5-20 мм,  $\rho_{наск} = 0,5$  г/см<sup>3</sup>  $\rho_{истк} = 1,7$  г/см<sup>3</sup>

Песок кварцевый  $\rho_{насп} = 1,5$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_{истп} = 2,7$  г/см<sup>3</sup>

Определение расхода цемента. Цемент подбирается в зависимости от марки легкого бетона (М200) и марки керамзита по насыпной плотности (М500). Уточнения делаются по марке цемента и по удобоукладываемости бетонной смеси.

Расход цемента Ц = 350 кг

Определение расхода воды. Расход воды определяется в зависимости от марки керамзита, вида мелкого заполнителя и удобоукладываемости бетонной смеси. Уточнения делаются по наибольшей крупности керамзита, по модулю крупности мелкого заполнителя, по соотношению мелкого заполнителя к крупному.

Расход воды В = 215 л

Определение расхода заполнителей.

$$З = \rho_{\text{сухБ}} - 1,15 \cdot Ц \quad (2.14)$$

где  $\rho_{\text{сухБ}}$  – плотность бетона;

Ц – расход цемента, кг;

$$З = 1500 - 1,15 \cdot 350 = 1097,5 \text{ кг}$$

Рассчитываем расход крупного заполнителя.

$$К = \rho_{\text{кер}} \cdot V, \quad (2.15)$$

где,  $V$  – объём керамзита в  $\text{м}^3$ , при марке легкого бетона 150 и выше принимается по таблице в зависимости от марки легкого бетона, марки керамзита и плотности сухого бетона;

$\rho_{\text{кер}}$  – плотность керамзита;

$$К = 500 \cdot 0,8 = 400 \text{ кг}$$

Рассчитываем расход мелкого заполнителя

$$П = \rho_{\text{сух Б}} - 1,15 \cdot Ц - К \quad (2.16)$$

где  $\rho_{\text{сух Б}}$  – плотность бетона;

Ц – расход цемента, кг;

К – расход керамзита, кг;

$$П = 1500 - 1,15 \cdot 350 - 400 = 697,5 \text{ кг}$$

Рассчитав номинальный состав бетона, выразим его в виде пропорции, где за единицу принят расход цемента:

$$Ц : П : К$$

$$1 : 1,99 : 1,14 \text{ по массе}$$

Итого на  $1\text{ м}^3$  необходимо:

$$Ц = 350 \text{ кг} \quad П = 697,5 \text{ кг} \quad К = 400 \text{ кг} \quad В = 215 \text{ л.}$$

Заполнители обладают большой пустотностью, поэтому выход бетонной смеси из бетономешалки всегда меньше по объему суммы естественных объемов, загружаемых компонентов бетона. Для учета этого факта вводится понятие коэффициента выхода бетона:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{Ц}{\rho_{\text{насц}}} + \frac{П}{\rho_{\text{насп}}} + \frac{К}{\rho_{\text{наск}}}}, \quad (2.17)$$

где Ц – расход цемента, кг;

П – расход песка, кг;

К – расход керамзита, кг;

$\rho_{\text{насц}}$ ,  $\rho_{\text{насп}}$ ,  $\rho_{\text{наск}}$  – насыпная плотность цемента, песка, керамзита;

$$\beta = \frac{1000}{\frac{350,0}{1,20} + \frac{697,50}{1,50} + \frac{400,0}{0,60}} = 0,64$$

### **2.3 Технология бетоносмесительного узла**

Бетоносмесительный цех состоит из 4-х отделений: надбункерного, дозаторного, смесительного, отделение выдачи смесей.

Со склада заполнителей песок, гравий и керамзитовый гравий подаются наклонным ленточным транспортером в надбункерное отделение.

Заполнители через двухрукавную тещку попадают в поворотную воронку и распределяются по бункерам.

Включение и выключение механизмов тракта подачи заполнителей производится автоматически по сигналу указателя уровня в расходных бункерах.

Цемент со склада подается пневматическим транспортом в циклон НИИОГАЗ ЦН-11-500, где производится его первичное осаждение, далее цемент поступает в рукавный фильтр, где происходит его вторичное осаждение и через шнековый транспортер цемент подается в расходный бункер, а очищенный воздух из рукавного фильтра поступает наружу.

Расходные бункера имеют 9 отсеков, которые предназначены для цемента, гравия, керамзита и песка. Все отсеки оборудованы указателями уровня. Для обрушения сводов в отсеках установлены обрушители вибрационного типа, в отсеках цемента аэробного типа.

К нижнему фланцу расходных бункеров подвешиваются двухфракционные автоматические весовые дозаторы для щебня, песка, керамзита и цемента.

Заполнители из дозаторов поступают в сборную воронку, которая снабжена переходными лотками. В зависимости от положения лотка заполнители направляются в тот или иной бетоносмеситель.

Подача цемента осуществляется по самостоятельному тракту, состоящему из распределителя цемента и шнека. Затворы распределителя цемента заблокированы с передвижными лотками сборной воронки для подачи цемента в тот смеситель, в который подаются заполнители.

В дозаторном отделении установлены два дозатора для воды и жидких химических добавок. Дозировка добавок производится в тех же дозаторах, в которых дозируется вода. Вода и жидкие добавки подаются из дозаторов отдельным трактом при помощи раздаточного центра слива в тот же смеситель, в который подаются заполнители.

Подача заполнителей в бетоносмеситель от сборной воронки производится течками.

Подача готовых бетонных смесей производится в бункера накопителя, и далее из бункеров поступает в тележки адресной подачи, обслуживающих конвейерные линии, поточно-агрегатную, кассетную технологию, а также кузов автосамосвала.

Приготовление бетонной смеси производится в автоматическом режиме или дистанционно.

Для надежной работы бетоносмесителей необходимо регулярно производить очистку от налипшей бетонной смеси 2 раза в смену. В бетоносмеситель загружается щебень и воду, производится перемешивание в течении 5-8 мин.

#### Режим работы бетоносмесительного узла цеха №2.

- годовой фонд рабочего времени (с учетом ремонтов) - 247 дней;
- количество рабочих часов в сутки - 16 часов;
- количество рабочих смен в сутки – 2 смены;
- число замесов для приготовления тяжелых бетонных смесей – 30/час;
- число замесов для приготовления легких бетонных смесей – 17/час;
- число замесов для приготовления отделочных растворов – 10/час;
- коэффициент выхода смесей тяжелых бетонов и легких конструкционно-теплоизоляционных смесей – 0,67;

Вышеприведенные данные по режиму работы бетоносмесительного узла составлены на основании «Общесоюзных норм технологического проектирования предприятий сборного железобетона». (ОНТП-07-85).

### 2.3.1 Расчет бетоносмесительного узла

Расчет бетоносмесительного узла производится по методическим указаниям [27].

#### 2.3.1.1 Расчет числа смесительных машин

Число смесительных машин, их тип и конкретная марка определяются заданной производительностью и режимом работы предприятия.

Требуемый суммарный производственный объем смесителя (по выходу)  $V_{\Pi}$ , л, рассчитывается по формуле:

$$V_{\Pi} = \frac{P_{\text{год}} \cdot 10^3}{T_r \cdot z \cdot k_{\text{и}}}, \quad (2.18)$$

где  $P_{\text{год}}$  – годовая производительность завода, м<sup>3</sup>/год;

$z$  – расчетное число замесов смесительной машины, 1/ч;

$T_r$  – годовой фонд рабочего времени, ч;

$k_{\text{и}}$  – коэффициент использования оборудования ( $k_{\text{и}} = 0,82 \dots 0,87$ ).

$$V_{\Pi} = \frac{90000 \cdot 1000}{3161,6 \cdot 19,46 \cdot 0,87} = 1681,41 \text{ л}$$

где  $t_{\text{цикла}}$  – время рабочего цикла смесителя.

$$t_{\text{цикла}} = t_1 + t_2 + t_3 + [t], \quad (2.19)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – соответственно время загрузки и выгрузки смеси;

$$t_1 = 10 \dots 20 \text{ с},$$

$$t_2 = 15 \dots 25 \text{ с},$$

$t_3$  – время возврата барабана в исходное положение (для смесителей с наклоняющимся барабаном  $t_3 = 10 \dots 20$  с),

$[t]$  – время перемешивания компонентов, с;

$$t_{\text{цикл}} = 20 + 25 + 20 + 120 = 185 \text{ с}$$

Величина времени перемешивания зависит: от типа смесителя, от ёмкости смесителя, от крупности заполнителя, от удобоукладываемости смеси, от плотности заполнителя (ГОСТ 7473 «Смеси бетонные. Технические условия»).

Расчетное число замесов в час:

$$z = 3600 / t_{\text{цикла}} \leq [z], \quad (2.20)$$

где  $[z]$  – нормативное число замесов в час для данной марки смеси и объема готового замеса .

$$z = \frac{3600}{185} = 19,46$$

Годовой фонд рабочего времени, ч

$$T_{\Gamma} = 247 \cdot t_{\text{см}} \cdot n \cdot k_{\text{н}}, \quad (2.21)$$

где  $t_{см}$  – продолжительность смены в часах (при пятидневной неделе  $t_{см} = 8, 2$ );

$n$  – коэффициент сменности;

$k_{н}$  – коэффициент, учитывающий перерыв в работе по непредвиденным причинам.

$$T_{г} = 247 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,8 = 3161,6 \text{ ч}$$

Число смесительных машин:

$$m = \frac{V_{п}}{V_{о}}, \quad (2.22)$$

где  $V_{о}$  - производственный объем принятого смесителя (по выходу), л.

$V_{п}$  - Требуемый суммарный производственный объем смесителя (по выходу), л

Дробное число смесительных машин округляется до целого в большую сторону.

$$m = \frac{1681,41}{1000} = 1,68 \approx 2$$

Принимаем гравитационный смеситель СБ-94.

- Объём готового замеса 1000 л
- Вместимость при загрузке 1500 л
- Число циклов в час 30 цикл/час
- Наибольшая крупность заполнителя 120 мм
- Частота вращения барабана 18 об/мин
- Мощность двигателя 13,0 кВт

- Механизм опрокидывания пневматический

Угол наклона барабана:

- при загрузке и смешивании  $15^{\circ}$
- при выгрузке  $55^{\circ}$

Габаритные размеры:

- Длина 3430 мм
- Ширина 4180 мм
- Высота 3340 мм
- Масса 3000 кг

### **2.3.1.2 Расчет бетоносмесителей**

В гравитационных смесителях компоненты смешиваются в барабанах, к внутренним стенкам которых прикреплены лопасти. При вращении барабана смесь лопастями и под действием сил трения поднимается на некоторую высоту и затем сбрасывается вниз. Компоненты смеси перемещаются также и вдоль барабана за счёт разнонаправленных углов установки лопастей и конусных стенок барабана. Частота вращения барабанов невысокая, так как в противном случае центробежные силы инерции будут препятствовать циркуляции смеси.

Время перемешивания в гравитационных смесителях в зависимости от свойств смеси составляет 60 - 90 с, а полный цикл, включающий загрузку, перемешивание и выгрузку смеси 90 - 150 с.

К преимуществам гравитационных смесителей относятся простота конструкции, обслуживания и эксплуатации и возможность приготовления смесей с крупным заполнителем.

Определение рабочих нагрузок:

Сила тяжести бетонной смеси:

- полная:

$$G_{\text{см}} = V_3 \cdot \rho_{\text{см}} \cdot g, \quad (2.23)$$

$$G_{\text{см}} = 1 \cdot 2400 \cdot 9,81 = 23544 \text{ Н} = 23,54 \text{ кН}$$

- поднимаемая за счёт сил трения:

$$G_1 = 0,85 \cdot G_{\text{см}}, \quad (2.24)$$

$$G_1 = 0,85 \cdot 23,54 = 20,01 \text{ кН}$$

- поднимаемая в лопастях:

$$G_2 = 0,15 \cdot G_{\text{см}} = G_{\text{см}} - G_1, \quad (2.25)$$

$$G_2 = 0,15 \cdot 23,54 = 23,54 - 20,01 = 3,53 \text{ кН}$$

где  $V_3$ - объём готового замеса,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_{см}$  - плотность смеси, кг/м<sup>3</sup>;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2,$$

### 2.3.1.3 Расчет технологического оборудования

Производительность ленточного транспортера, который подает песок и щебень, должна быть несколько выше суммарной часовой потребности в этих компонентах.

В стационарных смесительных заводах в настоящее время успешно используют установки для пневматического транспортирования цемента. Выбор основных параметров этих установок сводится к определению расхода воздуха, скорости его движения, диаметра трубопровода и требуемого давления (разрежения для всасывающих установок).

#### Ленточный конвейер

Конвейерные (транспортерные) ленты предназначены для перемещения груза по территории производства. Ленты состоят из каркаса и верхней и нижней обкладки. Каркас изготавливается на основе тканей: из полиамидных, полиамидно-полиэфирных, поливинилхлоридных и комбинированных нитей (полиэфир и хлопок). Среди резиноканевых лент следует отдельно выделить шевронные, которые предназначены, в основном, для транспортировки грузов под наклоном.

Минимально допустимая ширина ленты зависит от размеров кусков груза:

$$B_{min} = (2 \cdot a_{max} + 200), \quad (2.26)$$

где  $a_{max}$  - максимальный размер куска гравия 20 мм

$$B_{min} = (2 \cdot 20 + 200) = 240 \text{ мм}$$

По ГОСТ 20-1985 «Ленты конвейерные резиноканевые. Технические условия» принимаем ширину ленты 500 мм.

### **Расчёт бункеров**

Бункера представляют собой ёмкости для кратковременного хранения материалов. Их устанавливают в начальных и конечных технологических постах транспортирования материалов, в местах перегрузок, а также используют в качестве промежуточных ёмкостей, обеспечивающих стабильную работу оборудования при неравномерном поступлении материалов, или для обеспечения работы машин циклического и непрерывного действия.

Объём бункера определяется в зависимости от расхода, выгружаемого из него материала и от времени, на которое создаётся запас:

$$V = \frac{Q \cdot t}{k}, \tag{2.27}$$

где  $Q$  – расход материала ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$t$  – время, на которое создаётся запас, ч (по ОНТП 07-85)

$k$  – коэффициент наполнения бункера  $k = 0,9$ .

$$Q = \frac{m \cdot n \cdot t}{\rho}, \quad (2.28)$$

где  $m$  – масса материала на 1 замес, кг

$n$  – число циклов в час

$\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>

$t$  – 1 час

- Для тяжелого бетона:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{200,01 \cdot 30 \cdot 1}{1200} = 10,0 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\text{п}} = \frac{550,23 \cdot 30 \cdot 1}{1500} = 22,01 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\text{г}} = \frac{882,36 \cdot 30 \cdot 1}{1600} = 33,09 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{ц}} = \frac{10,0 \cdot 3}{0,9} = 33,34 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{п}} = \frac{22,01 \cdot 2}{0,9} = 48,91 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{г}} = \frac{33,09 \cdot 2}{0,9} = 73,53 \text{ м}^3$$

- Для легкого бетона:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{262,50 \cdot 17 \cdot 1}{1200} = 3,72 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\text{п}} = \frac{366,82 \cdot 17 \cdot 1}{1500} = 6,24 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\text{к}} = \frac{300 \cdot 17 \cdot 1}{500} = 10,20 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{ц}} = \frac{3,72 \cdot 3}{0,9} = 12,40 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{п}} = \frac{6,24 \cdot 2}{0,9} = 13,87 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{к}} = \frac{10,20 \cdot 2}{0,9} = 22,67 \text{ м}^3$$

- Для добавки суперпластификатор С-3:

На 100 кг цемента 1,43 кг добавки.

$$Q_{\text{С-3}} = \frac{2,86 \cdot 30 \cdot 1}{1185} = 0,07 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{С-3}} = \frac{0,07 \cdot 5}{0,9} = 0,40 \text{ м}^3$$

- Для пластифицирующей добавки ЛСТ:

На 100 кг цемента 0,57 кг добавки.

$$Q_{\text{ЛСТ}} = \frac{1,14 \cdot 30 \cdot 1}{1230} = 0,03 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{ЛСТ}} = \frac{0,03 \cdot 5}{0,9} = 0,15 \text{ м}^3$$

- Для отделочного раствора:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{200,01 \cdot 10 \cdot 1}{1200} = 1,67 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\text{п}} = \frac{550,23 \cdot 10 \cdot 1}{1500} = 3,67 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V_{\text{ц}} = \frac{1,67 \cdot 3}{0,9} = 5,57 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{п}} = \frac{3,67 \cdot 2}{0,9} = 8,16 \text{ м}^3$$

Общий объем бункеров:

$$V_{\text{ц}} = 33,34 + 12,40 + 5,57 = 51,34 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{п}} = 48,91 + 13,87 + 8,16 = 70,94 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{к}} = 22,67 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{г}} = 73,53 \text{ м}^3$$

Для цемента принимаем 2 бункера, для песка и гравия 3 бункера по ОНТП 07-85 «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона». Для керамзита принимаем 1 бункер.

### **Выбор дозаторов**

К нижнему фланцу расходных бункеров подвешиваются двухфракционные автоматические весовые дозаторы: два дозатора для гравия, один для песка, один для цемента, один для керамзита.

Заполнители из дозаторов поступают в сборную воронку, которая снабжена переходными лотками. В зависимости от положения лотка заполнители направляются в тот или иной бетоносмеситель.

Подача цемента осуществляется по самостоятельному тракту, состоящему из распределителя цемента и шнека. Затворы распределителя цемента заблокированы с передвижными лотками сборной воронки для подачи цемента в тот смеситель, в который подаются заполнители.

В дозаторном отделении установлены по два дозатора для воды и жидких химических добавок. Дозировка добавок производится в тех же дозаторах, в которых дозируется вода. Вода и жидкие добавки подаются из дозаторов отдельным трактом при помощи раздаточного центра слива в тот же смеситель, в который подаются заполнители.

## Ведомость технологического оборудования БСУ

Таблица 2.1 – Ведомость технологического оборудования

№ п/п	Наименование	Типо- размер	Техническая характеристика			Кол- во	Прим еч.
			Параметры	Вели чина	Ед. изм.		
1	Гравитационный бетоносмеситель	СБ-94	Объём готового замеса		1000	л	
			Вместимость при загрузке		1500		
			Число циклов		30	цик л/ч	
			Наибольшая крупность заполнителя		120	мм	
			Частота вращения барабана		18	Об/ мин	
			Механизм опрокидывания		Пнев матич еский		
			Угол наклона барабана	При загрузке и смешивании	15	град усы	
				При выгрузке	55		
			Мощность установленная		13,0	кВт	
			Габаритные размеры	Длина	3430	мм	
				Ширина	4180		
				Высота	3320		
Масса		3000	кг				
					2		

Продолжение таблицы 2.1

№ п/п	Наименование	Типо- размер	Техническая характеристика			Кол- во	Прим еч.
			Параметры	Вели чина	Ед. изм.		
2	Бункер	Цемен т	-		51,34	м <sup>3</sup>	2
		Керамз ит			22,67		1
		Песок			70,94		3
		Гравий			73,53		3
3	Дозато р	Цемен т	АВДЦ 1200М	Наибольший предел взвешивания	300	кг	2
		Гравий	АВДИ 1200М		1200		3
		Песок	АВДИ - 1200М		1200		3
		Керамз ит	АД- 800БК		800		1
		Вода, жидки е добавк и	АВД Ж- 2400М		500		2
4	Ленточный конвейер	1.1- 500-5- ТК- 400-8- 2	Ширина ленты	500	мм	1	
			Скорость движения ленты	2	м/с		

Продолжение таблицы 2.1

№ п/п	Наименование	Типо- размер	Техническая характеристика			Кол -во	Прим еч.
			Параметры		Вели чина		
5	Рукавный фильтр	СЦМ- 116Б	Производительность		2160	м <sup>3</sup> /ч	1
			Количество рукавов		24	шт	
			Габаритные размеры	Длина	1058	мм	
				Ширина	2010		
Высота	4215						
6	Пневмокамерны й насос	ПКН- 40	Производительность		До 40	т/ч	1
			Высота подачи		30	м	
			Дальность подачи		250	м	
			Габаритные размеры	Длина	1410	мм	
				Ширина	1410		
				Высота	1288		
			Масса		330	кг	

Окончание таблицы 2.1

№ п/п	Наименование	Типо- размер	Техническая характеристика			Кол -во	Прим еч.
			Параметры	Вели чина	Ед. изм.		
7	Циклон	ЦН-11- 500	Производительность по воздуху		1510- 1980	м <sup>3</sup> /ч	2
			Габаритные размеры	Длина	800	мм	
				Ширина	800		
				Высота	2300		
				Диаметр	500		
Масса		88	кг				

Бетоносмесительный узел оборудован двумя гравитационными бетоносмесителями циклического действия СБ-94.

Технологическая схема бетоносмесительного узла выполнена по вертикальной схеме и предусматривает в качестве основного варианта выдачу бетона в формовочный пролет, также имеется возможность выдачи 10-40% от общего объема бетона в автотранспорт.

Проектом предусмотрено применение жидких пластификаторов ЛСТ и С-3, и других добавок, сокращающих расход цемента и улучшающих технологические свойства бетонных смесей.

### 2.3.1.4 Расчет складов заполнителей

Запас заполнителя для бетонной смеси:

$$Q_3 = \frac{P_r \cdot Z \cdot n \cdot k}{P}, \quad (2.29)$$

где  $P_r$  - годовая производительность, м<sup>3</sup>/г;

$Z$  - ориентировочный расход заполнителя на 1 м<sup>3</sup> бетона, м<sup>3</sup>;

$n$  - количество суток, на которые рассчитывается запас цемента (принимается в зависимости от вида доставки);

$k$  - коэффициент потерь при транспортировании (1,02);

$P$  - годовой фонд работы оборудования, сут.

- Запас песка для бетонной смеси:

$$Q_{Пб} = \frac{90000 \cdot 0,45 \cdot 7 \cdot 1,02}{247} = 1170,73 \text{ т}$$

Расчет конусообразного склада для песка:

$$V = \frac{\pi \cdot H^3}{3 \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi}, \quad (2.30)$$

где  $H$  - высота (9,5 м);

$tg\varphi$  - угол наклона,  $tg\varphi = 0,839$ .

$$V = \frac{\pi \cdot H^3}{3 \cdot tg\varphi} = \frac{3,14 \cdot 9,5^3}{3 \cdot 0,7} = 1281,98 \text{ м}^3$$

Диаметр конуса:

$$D = 2 \cdot \frac{H}{tg\varphi}, \quad (2.31)$$

где  $H$  - высота (9,5 м);

$tg\varphi$  - угол наклона,  $tg\varphi = 0,839$ .

$$D = 2 \cdot \frac{9,5}{0,839} = 22,64 \text{ м}$$

Площадь склада:

$$F_{\text{Пб}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2.32)$$

где  $D$  - диаметр конуса, м

$$\pi = 3,14$$

$$F_{\text{Пб}} = \frac{3,14 \cdot 22,64 \cdot 22,64}{4} = 402,37 \text{ м}^2$$

- Запас песка для отделочных растворов:

$$Q_{\text{Пр}} = \frac{5000 \cdot 1,05 \cdot 7 \cdot 1,02}{247} = 151,76 \text{ т}$$

Расчет конусообразного склада для песка по формуле 2.30:

$$V = \frac{3,14 \cdot 5,0^3}{3 \cdot 0,7} = 186,90 \text{ м}^3$$

Расчет диаметра конуса по формуле 2.31:

$$D = 2 \cdot \frac{5,0}{0,839} = 11,92 \text{ м}$$

Площадь склада по формуле 2.32:

$$F_{\text{Пр}} = \frac{3,14 \cdot 11,92 \cdot 11,92}{4} = 111,52 \text{ м}^2$$

Общая площадь склада песка:

$$F_{\text{П общ}} = (F_{\text{Пб}} + F_{\text{Пр}}), \quad (2.33)$$

$$F_{\text{П общ}} = (402,37 + 111,52) = 513,89 \text{ м}^2$$

- Запас гравия по формуле 2.29:

$$Q_{\Gamma} = \frac{60000 \cdot 0,90 \cdot 7 \cdot 1,02}{247} = 1560,97 \text{ т}$$

Расчет конусообразного склада для щебня по формуле 2.30:

$$V = \frac{3,14 \cdot 11,0^3}{3 \cdot 0,7} = 1990,16 \text{ м}^3$$

Расчет диаметра конуса по формуле 2.31:

$$D = 2 \cdot \frac{11,0}{0,839} = 26,22 \text{ м}$$

Площадь склада щебня по формуле 2.32:

$$F_{\text{щ}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 26,22 \cdot 26,22}{4} = 539,75 \text{ м}^2$$

- Запас керамзита по формуле 2.29:

$$Q_{\text{к}} = \frac{30000 \cdot 0,90 \cdot 7 \cdot 1,02}{247} = 780,49 \text{ т}$$

Расчет конусообразного склада для керамзита по формуле 2.30:

$$V = \frac{3,14 \cdot 8,5^3}{3 \cdot 0,7} = 918,26 \text{ м}^3$$

Расчет диаметра конуса по формуле 2.31:

$$D = 2 \cdot \frac{8,5}{0,839} = 20,26 \text{ м}$$

Площадь склада керамзита по формуле 2.32:

$$F_{\text{к}} = \frac{3,14 \cdot 20,26 \cdot 20,26}{4} = 322,29 \text{ м}^2$$

Общая площадь склада заполнителей:

$$F_{\text{общ}} = (F_{\text{щ}} + F_{\text{Поб}} + F_{\text{к}}) \cdot 1,5, \quad (2.34)$$

$$F_{\text{общ}} = (539,75 + 513,89 + 322,29) \cdot 1,5 = 2063,9 \text{ м}^2$$

Склад имеет приемное устройство с механизированным пунктом разгрузки заполнителей из автосамосвалов грузоподъемностью 10 т. Заполнители через систему транспортеров подаются в бункеры.

### 2.3.1.5 Расчет складов цемента

Запас цемента:

$$Q_{\text{п}} = \frac{P_{\text{г}} \cdot \text{Ц} \cdot n \cdot k}{0,9 \cdot P}, \quad (2.35)$$

где  $P_{\text{г}}$  - годовая производительность, м<sup>3</sup>/г;

$\text{Ц}$  - среднесуточный расход цемента, т;

$n$  - количество суток, на которые рассчитывается запас цемента (принимается в зависимости от вида доставки);

$k$  - коэффициент потерь при транспортировании (1,04);

0,9 - коэффициент заполнения силоса;

$P$  - годовой фонд работы оборудования, сут.

$$Q_{\text{п}} = \frac{95000 \cdot 11,86 \cdot 7 \cdot 1,04}{0,9 \cdot 247} = 36895,38 \text{ т}$$

Принимаем 4 силосные банки СЦР-250 вместимостью 250 тонн.

Размеры:

- 1) Масса, кг 12000
- 2) Высота, мм 15500
- 3) Диаметр банки, мм 3470

Выгрузка цемента происходит через пневмовыгрузатели донной выгрузки ПДД-101 в бункер пневмокамерного насоса и далее им подается в цех. Управление механизмами по выдаче цемента производится автоматически от импульса указателя уровня в расходном бункере БСУ.

## **2.4 Технология производства изделий**

### **2.4.1 Технология формовочного пролета №1 цеха №2**

Наружные стеновые панели трехслойной конструкции и цокольные панели.

Наружный слой стеновых панелей из керамзитобетона марки 200 толщиной 40 мм, в качестве утеплителя приняты плиты пенополистирольные вида ППС-25 (пенополистерол с номинальной плотностью 25 кг/м<sup>3</sup>) по ГОСТ 15588-2014 «Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия», толщина утеплителя 180 мм, внутренний слой керамзитобетона марки 200 толщиной 110 мм, отделка плитками (стеклянной, керамической) лицом вниз или дробленые каменные материалы (гравий, мрамор) лицом вверх [23].

Внутренняя поверхность стеновых панелей подготавливается под окраску или оклейку обоями.

Армирование панелей производится сварными плоскими каркасами, сетками, дискретными связями.

Подача бетонной смеси осуществляется тележкой адресной подачи. Съём готового изделия осуществляется мостовым краном. Выдержка изделий в специальных стеллажах. Отделка на отделочно-транспортной линии с выдачей на склад готовой продукции.

Доставка арматурных изделий осуществляется электротележкой из арматурного цеха. Готовые изделия маркируются и обмериваются на специально оборудованном отделочно-транспортном посту.

Изготовление изделий осуществляется по конвейерной технологии. Конвейерный способ характеризуется тем, что изделия перемещаются от поста к посту с принудительным ритмом, который устанавливается по наиболее длительной технологической операции. Конвейерные технологические линии целесообразно применять при изготовлении однотипных конструкций большими партиями. Конвейерная технология по сравнению с поточно-

агрегатной является более совершенной формой поточного производства, позволяющая организовать технологический процесс большей мощности с высокой механизацией и автоматизацией операций. На линиях с конвейерным способом производства технологический процесс расчленяется на операции, которые одновременно выполняются на различных технологических постах, оборудованных соответствующими механизмами. Для конвейерных линий важным условием являются постоянство и примерное равенство затрат времени на выполнение операций на всех технологических постах, т. е. должна соблюдаться ритмичность [26].

Технологический процесс изготовления стеновых панелей в 1 пролете по конвейерной технологии [23]:

- 1) подача формы-вагонетки из щелевой камеры на тележку (2,5 мин);
- 2) перемещение тележки с формой от камеры на конвейер (1,5 мин);
- 3) установка формы на пост 1 и одновременное проталкивание форм всего конвейера;
- 4) установка форм с изделиями на пост 1; шлифовка затвердевшей поверхности специальной машиной (11,26 мин);
- 5) установка форм с изделиями на пост 2; открывание замков формы-вагонетки, открывание бортов (в начале продольных, затем торцевых), чистка бортов (6 мин);
- 6) установка форм с изделиями на пост 3; съём вкладышей, проемообразователей, чистка, смазка; съём готового изделия с формы с помощью кантователя (9,5 мин);
- 7) установка форм с изделиями на пост 4; чистка поддона, бортов с помощью ручного пневмоинструмента (13 мин);
- 8) установка форм с изделиями на пост 5; смазка бортов формы распылителем (3 мин);

9) установка форм с изделиями на пост 6, 7; укладка ковров стеклоплитки или керамической плитки с проклейкой швов между коврами, ковры подаются мостовым краном (26 мин);

10) установка форм с изделиями на пост 8; установка вкладышей, проемообразователей мостовым краном (2 мин);

11) установка форм с изделиями на пост 9; укладка сетки, установка фиксаторов, закрывание бортов (15,5 мин);

12) установка форм с изделиями на пост 10; укладка нижнего слоя бетонной смеси слоем 40 мм, разравнивание и уплотнение навесным вибратором (12 мин);

13) установка форм с изделиями на пост 11, 12; укладка эффективного утеплителя ППС-25 толщиной 180 мм, установка дискретных связей и верхних сеток, и закрепление их связей (30 мин);

14) установка форм с изделиями на пост 13, 14; укладка бетонной смеси слоем 110 мм с одновременным уплотнением слоя глубинным вибратором (30 мин);

15) установка форм с изделиями на пост 15, 16, 17; отделка поверхности затирочной машиной полусухой цементно-песчаной смесью, очистка формы и вкладыша (36 мин);

16) установка форм с изделиями на пост 18-23; разогрев формы с бетонной смесью, до  $t = 60^{\circ}\text{C}$  – начало термообработки (106 мин);

17) установка форм с изделиями на пост 24, 25; визуальный осмотр, мелкий ремонт поверхности; загрузка на тележку (45 мин);

18) перемещение форм в пропарочную щелевую камеру; подъем температуры 3 ч, изотермическая выдержка 8 ч, остывание 3 ч, максимальная температура обработки  $t = 70-75^{\circ}\text{C}$ .

Итого полный цикл конвейерной линии без учета пропаривания в щелевой камере составит 236,76 мин = 3 ч 56 мин.

Достоинства конвейерной технологии:

- 1) непрерывность потока и четкость ритма одновременного выполнения всех операций способствуют предотвращению простоев;
- 2) пооперационное расчленение технологического процесса по стандартным специализированным постам и узкая специализация обеспечивают высокую производительность труда и создают предпосылки для комплексной механизации и автоматизации и контроля пооперационных процессов;
- 3) непрерывность процессов повышает коэффициент использования технологического оборудования, формовочной оснастки и т.д.

#### **2.4.1.1 Расчет конвейерного производства**

Годовая производительность конвейеров с шаговым перемещением форм определяется по формуле, м<sup>3</sup>/год:

$$P = \frac{60 \cdot V \cdot h}{r} \cdot T, \quad (2.36)$$

где  $V$  – объем одновременно формируемых изделий в одной форме или форме - вагонетке, м<sup>3</sup> ;

$r$  – ритм работы конвейера, мин;

$h$  – количество рабочих часов в сутки; принимается при двухсменной работе  $h = 16$  ч;

$T$  – расчетное количество рабочих суток в году, принимается 247 сут.

$$P = \frac{60 \cdot 2,28 \cdot 16}{28} \cdot 247 = 19308,34$$

Количество щелевых камер непрерывного действия для тепловой обработки изделий на конвейерной линии определяется по формуле:

$$N_k = \frac{60 \cdot S}{r \cdot m \cdot b}, \quad (2.37)$$

где  $N_k$  – количество щелевых камер непрерывного действия, шт.;

$S$  – время тепловой обработки изделий (ч), принимается кратным ритму работы конвейерной линии и с условием, чтобы при расчете получилось целое число камер;

$r$  – ритм работы конвейерной линии, мин;

$m$  – число форм или форм-вагонеток, размещаемых по длине камеры;

$b$  – число форм или форм-вагонеток, размещаемых по высоте камеры.

$$N_k = \frac{60 \cdot 14}{28 \cdot 27 \cdot 1} = 1$$

#### **2.4.1.2 Определение размеров щелевой камеры**

Длина щелевой камеры определяется по формуле, м:

$$L_k^{\text{щ}} = n \cdot L_{\text{ф}} + (n - 1) \cdot l_1 + l_2, \quad (2.38)$$

где  $L_{\text{ф}}$  – длина формы-вагонетки, м;

$n$  – число форм-вагонеток, размещаемых по длине камеры;

$l_1$  – расстояние между формами-вагонетками по длине камеры (при перемещении форм-вагонеток толкателем снижателя они размещаются в камере вплотную друг к другу и поэтому  $l_1 = 0$ ; при цепном приводе перемещения форм-вагонеток  $l_1 = 0,2 \dots 0,3$  м);

$l_2$  – расстояние от поперечного борта крайней формы-вагонетки до торца камеры (принимается равным  $0,3 \dots 0,5$  м).

$$L_k^{\text{ш}} = 27 \cdot 3 + (27 - 1) \cdot 0 + 0,5 = 81,5$$

Длина участка для размещения одного подъемника или снижателя, м:

$$L_{\text{п}} = L_{\text{ф}} + d, \quad (2.39)$$

где  $L_{\text{ф}}$  – длина формы-вагонетки, м;

$d$  – часть длины участка прямка для размещения механизмов подъемника или снижателя и ремонтной зоны (принимается равной  $2,0$  м).

$$L_{\text{п}} = 3 + 2 = 5$$

Ширина щелевой камеры определяется по формуле, м:

$$B_k^{\text{ш}} = B_{\text{ф}} + 2B_1 + 2d, \quad (2.40)$$

где  $B_{\phi}$  – ширина формы-вагонетки, м;

$B_1$  – расстояние между формой-вагонеткой и стенкой камеры (принимается равным 0,3...0,5 м);

$d$  – толщина стенки камеры (принимается равной 0,3...0,4 м).

$$B_k^{\text{ш}} = 4 + 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,4 = 5,8$$

Высота щелевой камеры определяется по формуле, м:

$$H_k^{\text{ш}} = H_{\phi} + H_1 + H_2 + d, \quad (2.41)$$

где  $H_{\phi}$  – высота формы-вагонетки, м;

$H_1$  – высота зазора между полом камеры и поддоном формы-вагонетки (принимается равной 0,2...0,3 м);

$H_2$  – величина зазора между верхом формы-вагонетки и потолком камеры (принимается равной 0,2...0,3 м);

$d$  – толщина перекрытия камеры (принимается равной 0,2...0,3 м).

$$H_k^{\text{ш}} = 0,5 + 0,3 + 0,3 + 0,3 = 1,4$$

Таблица 2.2 - Спецификация технологического оборудования пролета №1

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт	Мощность, кВт	
			единицы	общая
1	Мостовой кран Q = 12 т	2	48,5	97,0
2	Формовочный конвейер	1	5,7	5,7
3	Форма-вагонетка	50	-	-
4	Бетоноукладчик бетонных смесей СМЖ-162	1	4,50	4,50
5	Бетоноукладчик бетонных смесей СМЖ-166А	1	4,50	4,50
6	Отделочная машина	1	36,2	36,2
7	Вывозная тележка СМЖ-151	1	7,50	7,50
8	Машина открывания/закрывания бортов СМЖ-3002А	1	18,0	18,0
9	Кантователь СМЖ-3001А	1	35,0	35,0
10	Шлифовочная машина СМЖ-461	1	24,30	24,30
11	Отделочно-транспортная линия СМЖ-38	1	35,0	35,0
12	Передачная тележка СМЖ-144	2	18,60	37,20
13	Подъемник/снижатель СМЖ-438	2	2,50	5,0
14	Вибратор подвешного типа	1	88,0	88,0
15	Оборудование щелевой камеры СМЖ-445	1	36,0	36,0
16	Траверса для подъема панелей	1	-	-
17	Стеллажи выдержки и ремонта изделий	6	-	-
Итого				433,95

## 2.4.2 Технология формовочного пролета №2 цеха №2

Наружные стеновые панели трехслойной конструкции и цокольные панели.

Наружный слой стеновых панелей из керамзитобетона марки 200 толщиной 40 мм, в качестве утеплителя приняты плиты пенополистирольные вида ППС-25 (пенополистерол с номинальной плотностью 25 кг/м<sup>3</sup>) по ГОСТ 15588-2014 «Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия», толщина утеплителя 180 мм, внутренний слой керамзитобетона марки 200 толщиной 110 мм, отделка плитками (стеклянной, керамической) лицом вниз или дробленые каменные материалы (гравий, мрамор) лицом вверх [23].

Внутренняя поверхность стеновых панелей подготавливается под окраску или оклейку обоями.

Армирование панелей производится сетками, соединяющимися через пенополистирол дискретными связями, а также отдельными арматурными элементами, собирающиеся в арматурный блок в форме.

Подача бетонной смеси осуществляется тележкой адресной подачи. Съём готового изделия осуществляется мостовым краном. Выдержка изделий в специальных стеллажах. Отделка на отделочно-транспортной линии с выдачей на склад готовой продукции.

Доставка арматурных изделий осуществляется электротележкой из арматурного цеха. Готовые изделия маркируются и обмериваются на специально оборудованном отделочно-транспортном посту.

Настоящим проектом предусмотрено изготовление крупногабаритных и нестандартных изделий из керамзитобетона, не подходящих для конвейерного производства пролета №1, в формовочном пролете №2 по поточно-агрегатной технологии с тепловлажностной обработкой в ямных пропарочных камерах. Выбор типа пропарочной камеры обусловлен различающимися габаритными

размерами производимых изделий. Для повышения эффективности ТВО принимаем ямные пропарочные камеры.

Подача бетонной смеси осуществляется тележкой адресной подачи. Съем готовой продукции осуществляется краном, выдержка изделий – на специальных стеллажах, отделка на отделочно-транспортной линии с выдачей на склад готовой продукции.

При поточно-агрегатном способе формы с изделиями, перемещаясь по потоку, останавливаются только на тех постах, которые нужны для изготовления изделий данного типа. При этом время остановки на каждом посту может быть различным. Оно зависит от времени, необходимого для выполнения данной технологической операции. Это дает возможность создавать на одной и той же линии посты с разным технологическим оборудованием, изготавливать одновременно несколько видов изделий, относительно легко переходить с одного типа изделий к другому. Отсутствие принудительного ритма перемещения форм позволяет на одном посту производить несколько операций [26].

Достоинства поточно-агрегатной технологии:

- 1) Возможность изготовления широкой номенклатуры изделий с меньшими капитальными затратами по сравнению с конвейерной технологией;
- 2) Более маневренная технология в отношении использования технологического и транспортного оборудования, в режиме тепловой обработки, что важно при выпуске изделий большой номенклатуры;
- 3) Высокий съем продукции с 1 м<sup>3</sup> пропарочной камеры.

Недостатки поточно-агрегатной технологии:

- 1) Отсутствие автоматизации технологических операций.
- 2) Недостаточная механизация формовочных постов.
- 3) Большое количество крановых операций.

Технологический процесс изготовления стеновых панелей в пролете №2 по поточно-агрегатной технологии [23]:

- 1) Открывание крышки пропарочной камеры мостовым краном (1 мин);
- 2) Подача изделия мостовым краном на формовочный пролет (17 мин);
- 3) Операция 1. Разопалубка. Открывание замков формы, открывание бортов вначале продольные, затем торцевые (6 мин);
- 4) Операция 2. Извлечение вкладыша и проеомообразователя; съем готового изделия с формы с помощью мостового крана (8 мин);
- 5) Операция 3. Чистка поддонов и бортов, вкладышей и проеомообразователей скребком; смазка бортов, формы, вкладыша кистью (15 мин);
- 6) Операция 4. Укладка ковров из керамической или стеклянной плитки с проклейкой швов между ними (лицом вниз) – 28 мин.;
- 7) Операция 5. Установка вкладыша и проеомообразователя мостовым краном (12 мин);
- 8) Операция 6. Закрывание бортов форм и закручивание замков (6 мин);
- 9) Операция 7. Прием и укладка нижнего слоя раствора раствороукладчиком и его разглаживание (10 мин);
- 10) Операция 8. Укладка конструкционной сетки. Сетки должны быть зафиксированы пластиковыми фиксаторами (6,4 мин);
- 11) Операция 9. Установка дискретных связей и анкерных выпусков (согласно рабочих чертежей) – 6,4 мин.;
- 12) Операция 10. Прием и укладка нижнего слоя керамзитобетона бетоноукладчиком толщиной 110 мм (6,2 мин);
- 13) Операция 11. Раскладка утеплителя толщиной 180 мм, установка деревянных пробок (30 мин);
- 14) Операция 12. Установка сеток и каркасов внутреннего слоя (защитный слой до рабочей арматуры 55 мм) – 6,4 мин.;

15) Операция 13. Укладка верхнего слоя керамзитобетона бетоноукладчиком толщиной 40 мм; производится уплотнение верхнего слоя керамзитобетона (10 мин);

16) Операция 14. Укладка верхнего слоя раствора толщиной 20 мм и его разравнивание (5 мин);

17) Операция 15. Перемещение формы с изделием в ямную пропарочную камеру мостовым краном (17 мин);

18) Операция 16. Закрытие крышки пропарочной камеры мостовым краном (1 мин);

19) Операция 17. Термообработка изделия. Подъем температуры до 70-75°C – 4 часа; изотермическая выдержка при  $t = 70-75^\circ\text{C}$  – 6 часов; охлаждение – 4 часа

20) Операция 18. Перемещение на конвейер отделки. Смыв наплывов бетона на стеклянной или керамической плитке моечной машиной (20 мин);

21) Операция 19. Перемещение далее по конвейеру на склад; сдача ОТК (30 мин).

Итого полный цикл поточно-агрегатной линии без учета пропаривания в ямной камере составит 242,40 мин = 4 ч 2 мин.

#### **2.4.2.1 Расчет поточно-агрегатного производства**

Годовая производительность  $\Pi_{га}$  агрегатно-поточной технологической линии определяется по формуле:

$$\Pi_{га} = \frac{(B_p \cdot \phi \cdot h \cdot 60 \cdot V \cdot n_{и})}{T_{\phi}}, \quad (2.42)$$

где  $B_p$ -расчетное количество рабочих суток в году, 247;

$\phi$  - продолжительность рабочей смены, 8 ч;

$h$  - количество рабочих смен в сутки, 2;

$V$  - объем бетона одного изделия,  $m^3$ ;

$n_{и}$  - количество одновременно формуемых изделий, шт;

$T_{\phi}$  - максимальная продолжительность ритма работы линии, мин.

$$П_{га} = \frac{(247 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 2,76 \cdot 1)}{30} = 21815,04$$

Потребность в формах  $n_{\phi}$  для технологической линии агрегатно-поточного способа производства определяется по формуле:

$$n_{\phi} = \frac{1,05 \cdot 60 \cdot T_{об.ф.}}{T_{\phi}}, \quad (2.43)$$

где  $T_{\phi}$  - максимальная продолжительность ритма работы линии, 30 мин;

$T_{об.ф.}$  - продолжительность режима оборота формы, ч.

$$n_{\phi} = \frac{1,05 \cdot 60 \cdot 20,92}{30} = 35,53 \sim 36$$

$$T_{об.ф.} = t_{ТВО} + t_p + t_a + t_{\phi} + t_3 + t_b + t_o, \quad (2.44)$$

где  $t_{ТВО}$  - продолжительность режима тепловой обработки (предварительное выдерживание, подъем температуры, изотермический прогрев и остывание изделий), ч;

$t_p$  - продолжительность распалубки, чистки и смазки формы, ч;

$t_a$  - продолжительность установки и при необходимости натяжения арматуры, ч;

$t_\phi$  - продолжительность формования изделий, ч;

$t_3$  - продолжительность загрузки форм в камеру тепловой обработки и закрытия крышки, ч:

$$t_3 = \frac{m \cdot T_\phi}{60 + 0,1}, \quad (2.45)$$

где  $m$  - количество форм в камере тепловой обработки, шт

$$t_3 = \frac{10 \cdot 30}{60 + 0,1} = 4,99$$

$t_b = 0,1m$  - продолжительность выгрузки форм из камеры, ч;

$t_0$  - продолжительность ожидания формы перед формованием, ч.

$$T_{\text{об.ф.}} = 14 + 0,33 + 0,05 + 0,3 + 4,99 + 0,2 + 0,05 = 20,92$$

Для обеспечения производительности одной технологической линии (формовочного поста) требуется 28 форм.

Количество камер тепловой обработки периодического действия (ямных камер) для одной технологической линии определяется по формуле:

$$n_k = \frac{60 \cdot \phi \cdot h \cdot T_{\text{об.к}}}{24 \cdot T_{\phi} \cdot m}, \quad (2.46)$$

где  $\phi$  - продолжительность рабочей смены, 8 ч;

$h$  - количество рабочих смен в сутки, 2;

$T_{\text{об.к}}$  – средняя продолжительность оборота камеры, 15,03ч;

$T_{\phi}$  - максимальная продолжительность ритма работы линии, 30 мин;

$m$  – количество форм в камере тепловой обработки, 10 шт

$$n_k = \frac{60 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 15,03}{24 \cdot 30 \cdot 10} = 1,91 \sim 2$$

Для обеспечения производительности одной технологической линии (формовочного поста) требуется 2 камеры тепловой обработки.

#### 2.4.2.2 Определение размеров ямной камеры

Размеры камеры тепловой обработки для поточно-агрегатного способа производства определяются по формулам:

Длина 1 камеры:

$$l_k = m_1 \cdot l + (m_1 + l) \cdot l_1, \quad (2.47)$$

где  $m_1$  – количество форм по длине камеры, шт;

$l$  – длина формы, м;

$l_1$  – расстояние между формами и стенкой камеры, 0,45 м.

$$l_k = 4 \cdot 4,5 + (4 + 4,5) \cdot 0,45 = 21,83 \text{ м}$$

Ширина 1 камеры:

$$b_k = n_1 \cdot b + (n_1 + b) \cdot b_1, \quad (2.48)$$

где  $n_1$  – количество изделий по ширине камеры, шт;

$b$  – ширина формы, м;

$b_1$  – расстояние между формами и стенкой камеры, 0,35 м.

$$b_k = 2 \cdot 3,1 + (2 + 3,1) \cdot 0,35 = 7,99 \text{ м}$$

Высота (глубина) 1 камеры:

$$h_k = m \cdot (h + h_1) + h_2 + h_3, \quad (2.49)$$

где  $m$  – число форм по высоте камеры, шт;

$h$  – высота формы, м;

$h_1$  – расстояние между формами, 0,2 м;

$h_2$  – расстояние между формой и дном камеры, 0,15 м;

$h_3$  – расстояние между верхним изделием и крышкой камеры, 0,05 м.

$$h_k = 5 \cdot (0,37 + 0,2) + 0,15 + 0,05 = 3,05 \text{ м}$$

Размеры ямной 1 камеры составят 22,0 x 8,0 x 3,10 м.

Коэффициент загрузки 1 камеры определяется по формуле:

$$k = \frac{m \cdot V}{V_k}, \quad (2.50)$$

где  $m$  – количество изделий в камере, 10 шт;

$V$  – объем бетона одного изделия, м<sup>3</sup>

$V_k$  – объем камеры, м<sup>3</sup>

$$k = \frac{10 \cdot 2,76}{545,60} = 0,05$$

Коэффициент использования объема 1 камеры определяется по формуле:

$$k_{\text{исп}} = \frac{m \cdot V_{\Phi}}{V_k}, \quad (2.51)$$

где  $V_{\phi}$  – объем формы, м<sup>3</sup>

$$k_{\text{исп}} = \frac{10 \cdot 5,16}{545,60} = 0,09$$

Длина 2 камеры:

$$l_k = m_1 \cdot l + (m_1 + l) \cdot l_1, \quad (2.52)$$

где  $m_1$  – количество форм по длине камеры, шт;

$l$  – длина формы, м;

$l_1$  – расстояние между формами и стенкой камеры, 0,45 м.

$$l_k = 4 \cdot 4,9 + (4 + 4,9) \cdot 0,45 = 23,61 \text{ м}$$

Ширина 2 камеры:

$$b_k = n_1 \cdot b + (n_1 + b) \cdot b_1, \quad (2.53)$$

где  $n_1$  – количество изделий по ширине камеры, шт;

$b$  – ширина формы, м;

$b_1$  - расстояние между формами и стенкой камеры, 0,35 м.

$$b_k = 2 \cdot 2,2 + (2 + 2,2) \cdot 0,35 = 5,94 \text{ м}$$

Высота (глубина) камеры:

$$h_k = m \cdot (h + h_1) + h_2 + h_3, \quad (2.54)$$

где  $m$  – число форм по высоте камеры, шт;

$h$  - высота формы, м;

$h_1$  – расстояние между формами, 0,2 м;

$h_2$  – расстояние между формой и дном камеры, 0,15 м;

$h_3$  – расстояние между верхним изделием и крышкой камеры, 0,05 м.

$$h_k = 5 \cdot (0,42 + 0,2) + 0,15 + 0,05 = 3,30 \text{ м}$$

Размеры ямной 2 камеры составят 24,0 x 6,0 x 3,40 м.

Коэффициент загрузки 2 камеры определяется по формуле:

$$k = \frac{m \cdot V}{V_k}, \quad (2.55)$$

где  $m$  – количество изделий в камере, 10 шт;

$V$  – объем бетона одного изделия, м<sup>3</sup>

$V_k$  – объем камеры, м<sup>3</sup>

$$k = \frac{10 \cdot 2,58}{489,60} = 0,05$$

Коэффициент использования объема 2 камеры определяется по формуле:

$$k_{\text{исп}} = \frac{m \cdot V_{\phi}}{V_k}, \quad (2.56)$$

где  $V_{\phi}$  – объем формы, м<sup>3</sup>

$$k_{\text{исп}} = \frac{10 \cdot 4,53}{489,60} = 0,09$$

Окончательно принимаем 2 ямные камеры для обеспечения производительности пролета №2.

Таблица 2.3- Спецификация технологического оборудования пролета №2

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт	Мощность, кВт	
			единицы	общая
1	Мостовой кран Q = 12 т	2	48,50	97,0
2	Бетоноукладчик СМЖ-166А	1	5,70	5,70
3	Виброплощадка СМЖ-66	1	13,0	13,0
4	Траверса для подъема панелей	1	-	-
5	Стеллаж выдержки и ремонта изделий	6	-	-
6	Отделочно-транспортная линия СМЖ-39	1	35,0	35,0
7	Самоходная тележка СМЖ-151	2	7,50	15,0
			Итого	165,7

### 2.4.3 Технология формовочного пролета №3 цеха №2

Краткое описание продукции: внутренние стеновые панели, панели перекрытия, внутренние цокольные панели из тяжелого бетона М200. Изделия изготавливаются кассетным способом.

Внутренняя поверхность подготавливается под покраску или оклейку обоями. Армирование производится арматурными каркасами, сетками согласно рабочих чертежей. Доставка арматурных изделий осуществляется электротележкой из участка арматурного цеха. Полиэтиленовые трубки для электропроводки устанавливаются согласно рабочих чертежей.

Подача бетонной смеси осуществляется тележкой адресной подачи. Съем готового изделия осуществляется мостовым краном.

Суть кассетного этого способа заключается в том, что формование изделий происходит в вертикальном положении в стационарных разъемных металлических формах-кассетах, в которых изделия находятся до приобретения бетоном заданной прочности. В кассетных установках применяют подвижные бетонные смеси с осадкой конуса 14 см с предельной крупностью заполнителя 20 мм.

Отличительной особенностью установок для изготовления объемных элементов является наличие складывающихся сердечников, выполняющих функции внутренних формообразующих элементов. В рабочем состоянии конфигурация сердечников отвечает форме и размерам внутреннего очертания изделия. В этом положении осуществляется формование и тепловая обработка изделий. Уплотнение бетонной смеси осуществляется с помощью навесных вибраторов. По окончании тепловой обработки сердечник с помощью крана извлекается из изделия, при этом его формообразующие элементы (стенки) складываются автоматически. Кинематика механизма сердечника обеспечивает при распалубке беспрепятственный вывод из изделия закрепленных на его стенках формообразующих элементов [26].

Кассетный способ производства железобетонных изделий обладает рядом преимуществ:

- 1) Компактность оборудования и простота переналадки форм, что позволяет быстро реагировать на меняющийся спрос;
- 2) Уменьшение и численности персонала, занятого на тяжелом формовочном производстве.

Технологический процесс изготовления изделий в пролете №3 по кассетной технологии [24], [25]:

- 1) Извлечение стержней каналобразователей мостовым краном (2 мин);
- 2) Отведение подвижной стенки кассеты (1 мин);

- 3) Застроповка изделия, подъем на высоту 100-150 мм и извлечение вкладышей; очистка закладных деталей, анкерных выпусков (3 мин);
  - 4) Установка изделия на отделочный конвейер (2 мин);
  - 5) Очистка стенки кассеты, борт оснастки от остатков бетона скребком и металлической щеткой (3 мин);
  - 6) Очистка и смазка вкладышей (1 мин);
  - 7) Смазка формирующей поверхности кассеты распылителем (1 мин);
  - 8) Подвод листа (стенки); операции со 2 по 8 повторяются до полного формирования отсеков в кассете (1 мин);
  - 9) Отвод листа (стенки) - 1 мин;
  - 10) Установка полиэтиленовых стаканов, деревянных пробок, съемных вкладышей (2 мин);
  - 11) Строповка арматурного каркаса и транспортирование его к кассете мостовым краном (операция совместная с 9) - 1 мин.;
  - 12) Установка пространственного каркаса в отсек кассеты (6 мин);
  - 13) Установка каналобразователей (3 мин);
  - 14) Подвод подвижной стенки (2 мин);
- Операции с 9 по 14 повторяются до полного формирования отсеков в кассете.
- 15) Подача мостовым краном бетонной смеси к кассете (2 мин);
  - 16) Укладка бетонной смеси бетоноукладчиком (3 мин);
  - 17) Уплотнение бетонной смеси вибраторами (1 мин);
  - 18) Заглаживание мастерком открытой поверхности свежесформованного изделия (1 мин);
  - 19) Установка закладных деталей (1 мин);
  - 20) Термообработка. Производится с помощью паровой рубашки, установленной на кассете. Подъем температуры рекомендуется производить со скоростью 60-70°С в час, максимальная температура листа теплового отсека при прогреве изделий должна быть не выше 100°С и не ниже 85°С. Подъем температуры – 2 ч, изотермический прогрев – 9 ч, остывание – 2 ч.

Итого полный цикл формования 1 отсека кассетной технологии без учета пропаривания составит 30 мин., в нашем проекте используются кассеты с 12 отсеками, следовательно, время, затрачиваемое на формование кассеты, равно 360 мин = 6 ч.

#### 2.4.3.1 Расчет кассетного производства

Годовая производительность одной кассетной установки определяется по формуле:

$$P = \Sigma V \cdot T \cdot K_{об} \cdot K_3, \quad (2.57)$$

где  $\Sigma V$  – суммарный объем одновременно формуемых изделий кассе, м<sup>3</sup>;

$T$  – расчетное количество рабочих суток в году, принимается 247 сут;

$K_{об}$  – коэффициент оборачиваемости одной кассетной установки за сутки; определяется по циклограмме работы всех кассетных установок пролета,  $K_{об} = 1,20$ ,

$K_3$  – коэффициент заполнения кассетных отсеков, принимается  $K_3 = 0,9$ .

Годовая производительность одной кассетной установки для внутренних панелей (33 отсека в сутки), м<sup>3</sup>/год:

$$P_{в} = 2,22 \cdot 33 \cdot 247 \cdot 1,20 \cdot 0,9 = 19542,84$$

Годовая производительность одной кассетной установки для плит перекрытия (23 отсека в сутки), м<sup>3</sup>/год:

$$P_{\text{п}} = 2,95 \cdot 23 \cdot 247 \cdot 1,20 \cdot 0,9 = 18099,67$$

Годовая производительность одной кассетной установки для внутренних цокольных панелей (2 отсека в сутки), м<sup>3</sup>/год:

$$P_{\text{цв}} = 2,23 \cdot 2 \cdot 247 \cdot 1,20 \cdot 0,9 = 1189,75$$

Общая годовая производительность кассетных установок (58 отсеков), м<sup>3</sup>/год:

$$P_{\text{общ}} = 19542,84 + 18099,67 + 1189,75 = 38832,26$$

Итого принимаем 3 кассеты для производства внутренних стеновых панелей, 2 кассеты для производства плит перекрытия и 1 кассету для производства внутренних цокольных панелей. Всего 6 кассет СМЖ-3212, число отсеков – 12, габаритные размеры формовочного листа 8000x3760x24 мм, число вибраторов ИВ 104 – 12, давление пара 0,015 Мпа, установленная мощность 4,4 кВт, габаритные размеры кассеты 8320x4050x4270 мм, масса кассеты 102,72 т.

Таблица 2.4 - Спецификация технологического оборудования пролета №3

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт	Мощность, кВт	
			единицы	общая
1	Мостовой кран Q = 10 т	2	48,50	97,0
2	Бетонораздатчик СМЖ-306А	1	4,50	4,50
3	Кассетная установка СМЖ-3212	6	4,40	26,40
4	Распалубочная машина СМЖ-3311Б	6	4,0	24,0
5	Навесной вибратор ИВ-104	72	0,53	38,16
6	Глубинный вибратор ИВ-47	72	1,0	72,0
7	Кантователь СМЖ-3333А	1	-	-
8	Шпаклевочная машина СМЖ-3232А	1	11,0	11,0
9	Самоходная тележка СМЖ-151	1	7,50	7,50
			Итого	370,06

#### 2.4.4 Расчет складов готовой продукции

Общая площадь склада готовой продукции определяется по формуле:

$$S_{\text{ГП}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot T_{\text{кр}} \cdot K_1 \cdot K_2}{Q_{\text{н}}}, \quad (2.58)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – суточное поступление изделий, м<sup>3</sup>

$T_{\text{кр}}$  - продолжительность хранения изделий (10-20 суток);

$K_1$  – коэффициент, учитывающий площадь склада на проходы;

$K_2$  - коэффициент, учитывающий увеличение площади в зависимости от типа крана и площади под тележки, проезд автомобилей;

$Q_n$  – нормативный объем изделий для хранения на 1 м<sup>2</sup> площади, м<sup>3</sup>

$$S_{\text{гп}} = \frac{335,73 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 1,7}{1,8} = 4756,18 \text{ м}^2$$

Тип склада и его оснащение принимаются в зависимости от рассчитанной площади, геометрических размеров и массы изделий с учетом объема погрузочно-разгрузочных работ.

## **2.5 Технология арматурного производства**

Арматурное производство формовочного цеха №2 представляет собой единый технологический комплекс, специализированный на выпуске арматурных изделий стеновых панелей.

С этой целью данное производство имеет четкое функциональное разграничение производственных зон, с их специализацией на отдельных технологических операциях. Технологический поток начинается со склада готовой продукции, где металл разгружается, сортируется по маркам, хранится в специальных стеллажах.

Металл завозится в цех №2 автотранспортом в заготовительное отделение, где правится, чистится, режется в размер, после чего поступает в отделение сварки.

В отделении сварки стержни и прутки свариваются в сетки и каркасы, после чего последние поступают на укрупненную сборку. Сварка широких сеток производится стыковочной машиной МС-1602, автоматизированной линией производства арматурных каркасов МТМК-3х100-3, многоточечной сварочной машиной АТМС-14х75-7, расположенные в формовочном пролете.

Укрупненная сборка объемных каркасов производится на установке СМЖ-56А с помощью подвесных сварочных клещей.

Наряду с этим применяются: установка для правки арматурной стали СМЖ-357; установка для резки арматурной стали СМЖ-322; установка для гнутья арматурных стержней СМЖ-173; одноточечные контактно-сварочные машины МТП 150/1200-3 и МТ-1206, [26].

Таблица 2.5 - Спецификация технологического оборудования арматурного производства

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт	Мощность, кВт	
			единицы	общая
1	СМЖ-357	5	12,0	60,0
2	СМЖ-322	2	3,50	7,0
3	СМЖ-173	2	2,80	5,60
4	МТМК-3x100-3	2	49,60	99,20
5	МС-1602	1	14,0	14,0
6	АТМС-14x75-7	2	270,0	540,0
7	СМЖ-56А	3	3,40	10,20
8	МТП-150/1200-3	1	3,0	3,0
9	МТ-1206	2	5,40	10,80
			Итого	749,80

### 2.5.1 Расчет площади склада арматуры

Площадь для складирования арматуры подсчитывается по формуле:

$$S_a = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot T_x \cdot K_1}{T}, \quad (2.59)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  - суточная потребность в арматуре, т/сут;

$T_x$  - срок хранения, 20 суток;

$K_1$  - коэффициент, учитывающий проходы при хранении, стали на стеллажах.

$T$  - масса стали, размещающаяся на складе, т/м<sup>2</sup>.

$$S_a = \frac{71,59 \cdot 15 \cdot 2,5}{4,5} = 596,58 \text{ м}^2$$

## **2.6 Организация производства**

Основа рациональной организации труда, обеспечивающая наибольшую производительность труда, заложена в технологической схеме всего заводского производства.

Погрузочные и разгрузочные площади расположены непосредственно около железнодорожных путей, склады готовой продукции имеют выход на железную дорогу со специально оборудованными постами.

Хранение и доставка комплектующих материалов осуществляется в специальной таре или контейнерах. Все погрузочно-разгрузочные работы механизированы.

Для организации внутрицеховых грузопотоков в цехах предусмотрены проезды, обеспечивающие прямоточную подачу грузов и маневренность транспортных средств.

Оборудование в производственных цехах установлено с учетом последовательности выполнения технологических операций и требований производственного цикла.

Бригады рабочих организованы по производственному признаку, в основном по пролетно и объединены выпуском определенного вида изделий. Кроме того, бригады объединены выполнением конкретных технологических операций, имеют в своем распоряжении технологическое оборудование, инструменты, инвентарь.

Для создания лучших условий отдыха предусмотрена пятидневная рабочая неделя с двумя выходными днями.

Количество производственных рабочих определено по трудоемкости основных технологических операций и годовому фонду рабочего времени.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В нашей бакалаврской работе был предоставлен проект цеха по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97, на базе завода «Культбытстрой».

В технико-экономической части была составлена номенклатура цеха, были подобраны сырьевые материалы, подходящие для производства изделий данной серии, были подобраны пластифицирующие добавки с целью регулирования удобоукладываемости бетонных смесей, также были выбраны марки арматурной стали и теплоизоляционный материал для производства наружных стеновых панелей. Все материалы должны соответствовать требованиям ГОСТ.

В технологической части проекта были произведены расчеты состава бетонной смеси с учетом технологии формования, была выбрана технология бетоносмесительного узла и рассчитано технологическое оборудование, входящее в него. Также были рассчитаны склады заполнителей, цемента, склад для хранения арматуры и склад готовой продукции.

Для наружных, внутренних панелей и плит перекрытия была подобрана и рассчитана наиболее эффективная с экономической точки зрения технология формования, также были выбраны и рассчитаны камеры тепловой обработки, наиболее подходящие для каждого способа производства и вспомогательное оборудование.

Таким образом, нами были выполнены все поставленные задачи для разработки технологической линии по производству крупнопанельных стеновых ограждений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

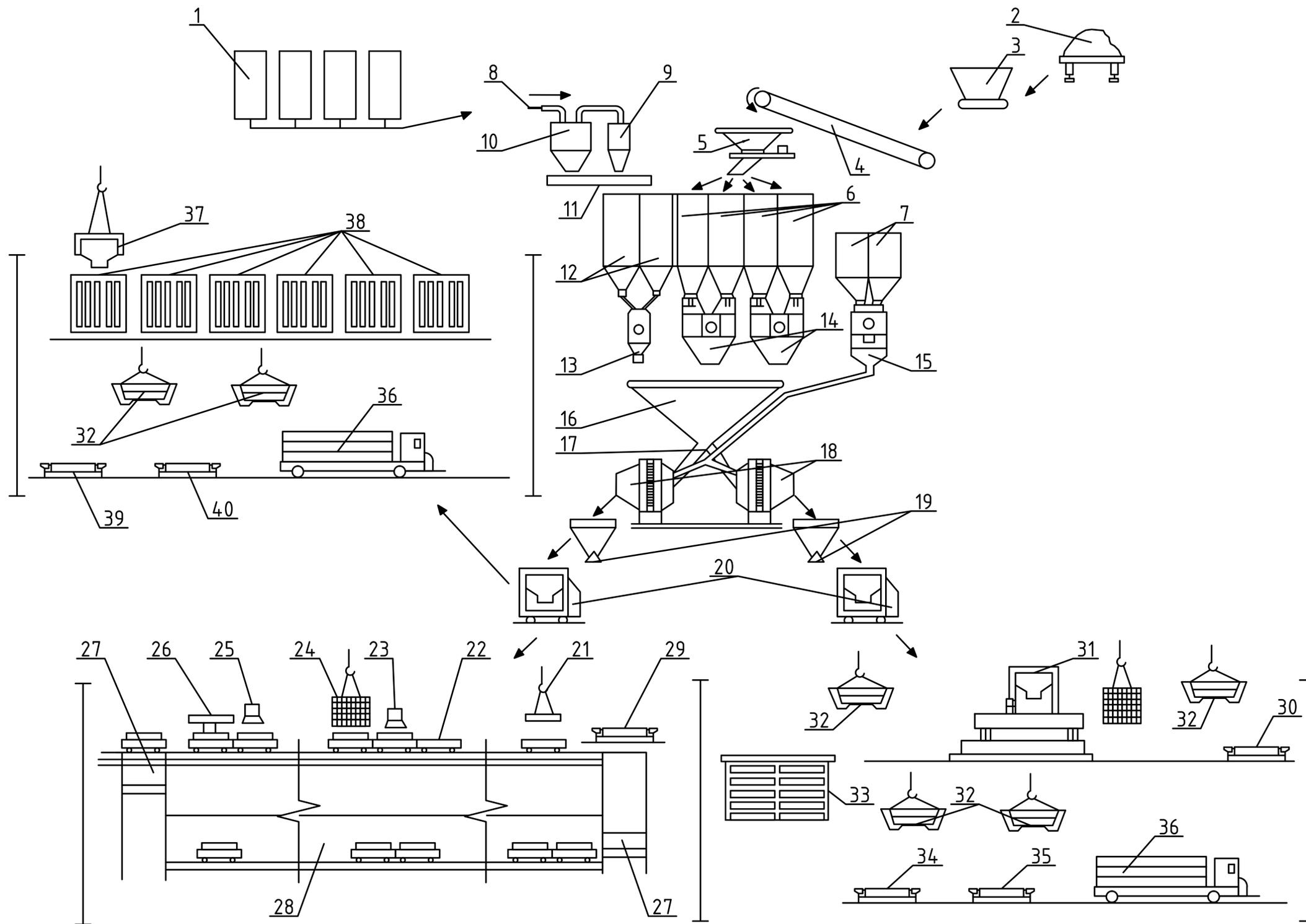
- 1 Официальный сайт компании «Сибирский цемент». [Электронный ресурс]: URL: <http://www.sibcem.ru> (дата обращения: 13.05.2017).
- 2 Интернет-магазин металлопроката в Красноярске «Металлстрой». [Электронный ресурс]: URL: <http://www.metallstroy24.ru> (дата обращения: 24.05.2017).
- 3 «Единый промышленный портал Сибири», Крупнопанельное домостроение: история и перспективы. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.epps.ru/journal/detail.php?id=1156> (дата обращения: 03.06.2017).
- 4 Официальный сайт Ачинского керамзитового завода ООО «Керамзитовый завод». [Электронный ресурс]: URL: <http://www.keramzit-achinsk.ru> (дата обращения: 05.06.2017).
- 5 ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент».
- 6 ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия».
- 7 ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».
- 8 ГОСТ 6613-86 «Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия».
- 9 ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4)».
- 10 ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия».
- 11 ГОСТ 6727-80\* «Проволока из низкоуглеродной стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия».
- 12 ГОСТ 10834-75 «Жидкость гидрофобизирующая 136-41. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3)».

- 13 ГОСТ 10922-2012 «Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязанные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия».
- 14 ГОСТ 15588-2014 «Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия»
- 15 ГОСТ 32496-2013 «Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия».
- 16 ГОСТ 20-1985 «Ленты конвейерные резинотканевые. Технические условия».
- 17 ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава»
- 18 Баженов, Ю.М. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов. – М.: АСВ, 2002. – 500с
- 19 Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы – Красноярск, СФУ, 2012
- 20 ТУ 13-0281036-029-94 (взамен ТУ 13-0281036-05-89, ОСТ 13-183-83, ОСТ 81-04-546-79 – концентраты сульфитно-дрожжевой бражки, концентраты бардяные дикие)
- 21 ОНТП-07-85 «Общесоюзные нормы технологического проектирования заводов сборного железобетона»
- 22 Номенклатура предприятия «Культбытстрой»
- 23 КТП 01-11-00 «Карта технологического производства наружных стеновых панелей серии 97.00» фирма «Культбытстрой», г. Красноярск, 2000 год.
- 24 КТП 67.05-00 «Карта технологического производства плит перекрытия для жилых домов серии 97.87» фирма «Культбытстрой», г. Красноярск, 2000 год.

- 25 КТП 67.02-88 «Карта технологического производства внутренних стеновых панелей для жилых домов серии 97.87» фирма «Культбытстрой», г. Красноярск, 1988 год.
- 26 Проектирование предприятий строительной индустрии Б.С. Комиссаренко, А.Г. Чикноворьян, Г.В. Сафронова, А.Н. Бурцев, г. Самара 1999г.
- 27 Смесительное оборудование. Расчёт бетоносмесителей: Методические указания/ Е.С. Турышева, Р.Т. Емельянов, А.П. Прокопьев - КрасГАСА. Красноярск, 2005.
- 28 В.Д. Мартынов. Строительные машины и монтажное оборудование: Учебное пособие/ В.Д. Мартынов, Н.И. Алёшин, Б.П. Морозов – Машиностроение, 1990.

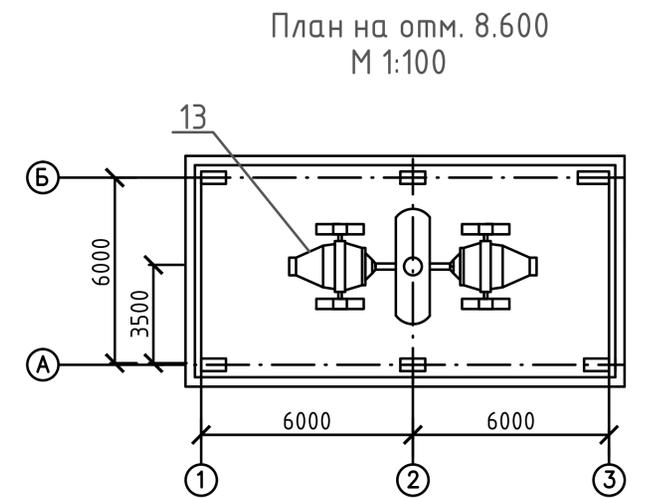
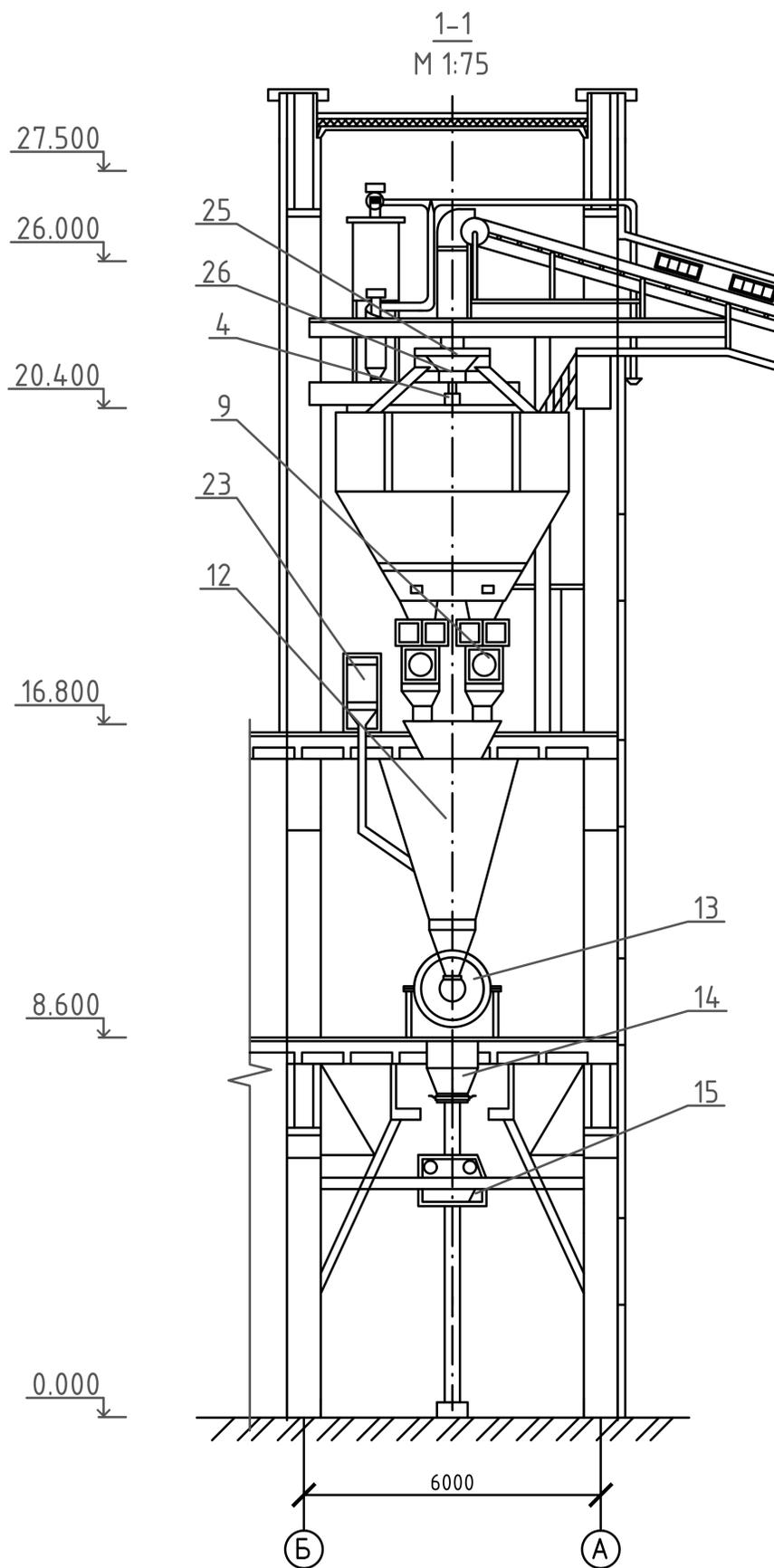
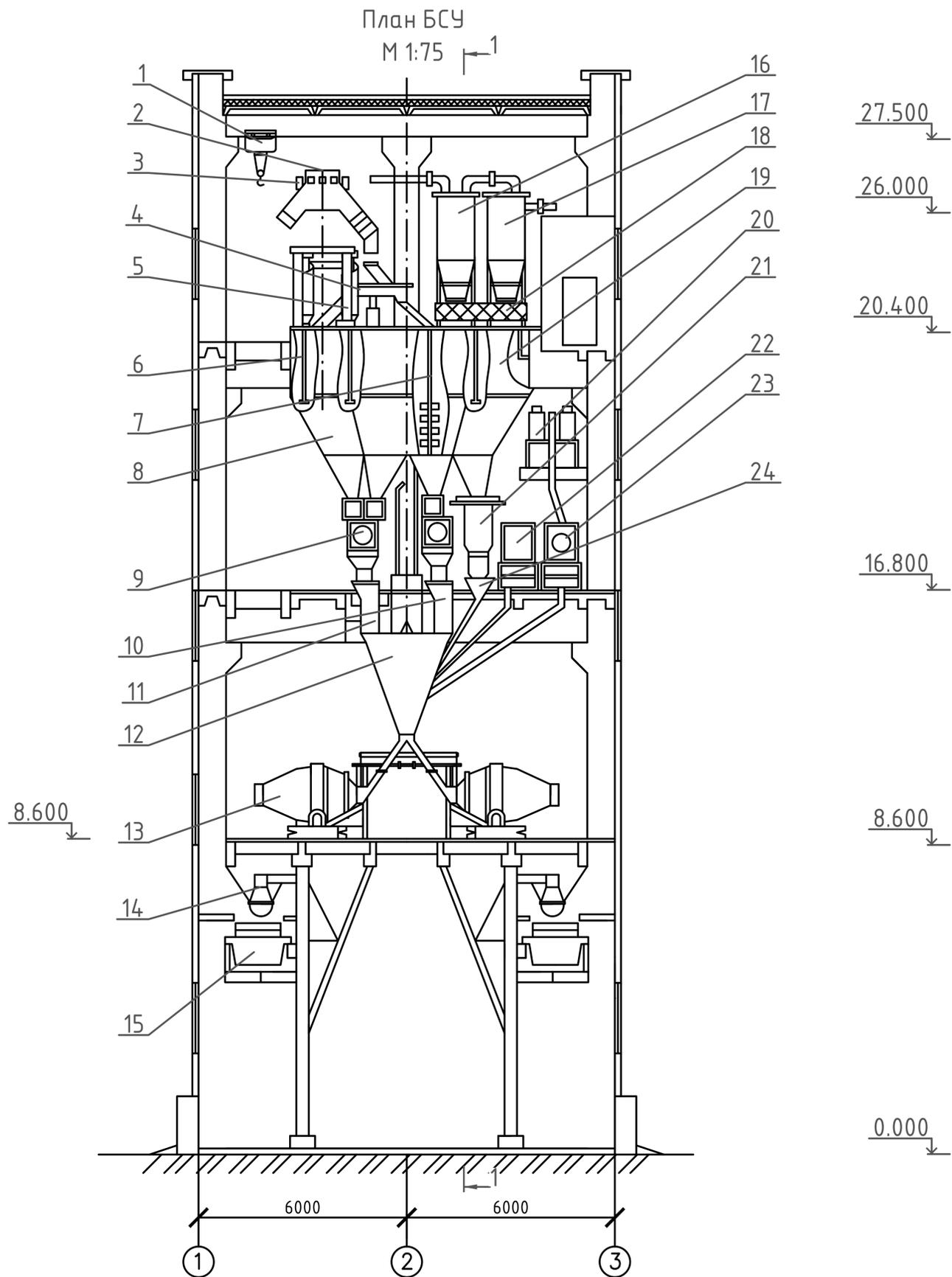


Технологическая схема



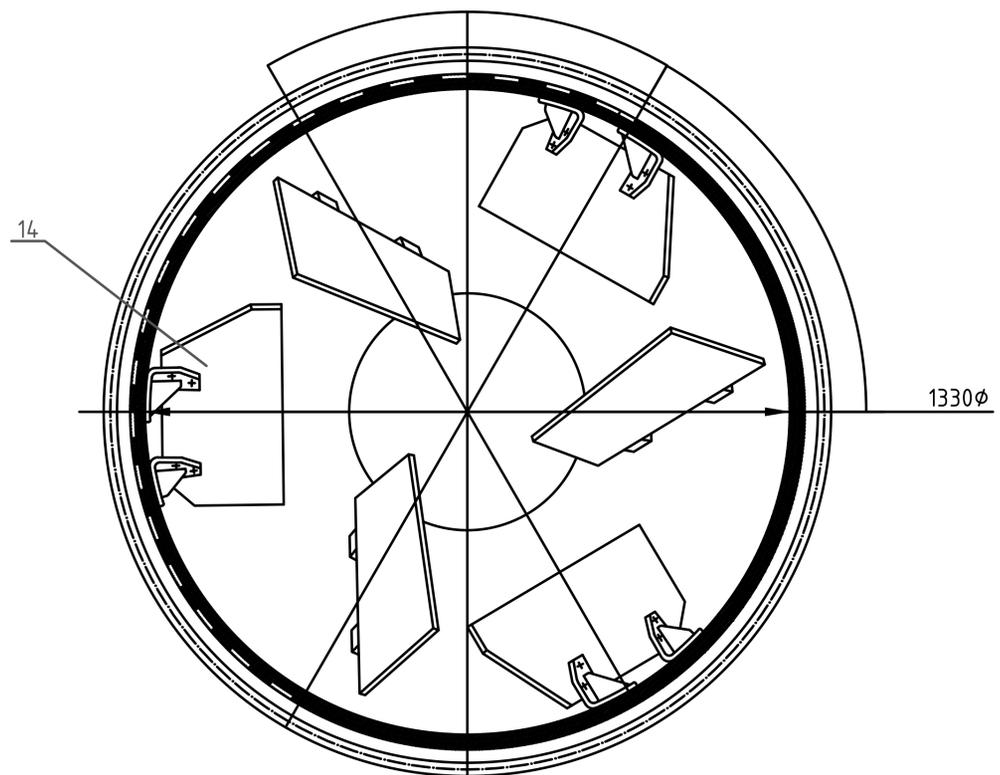
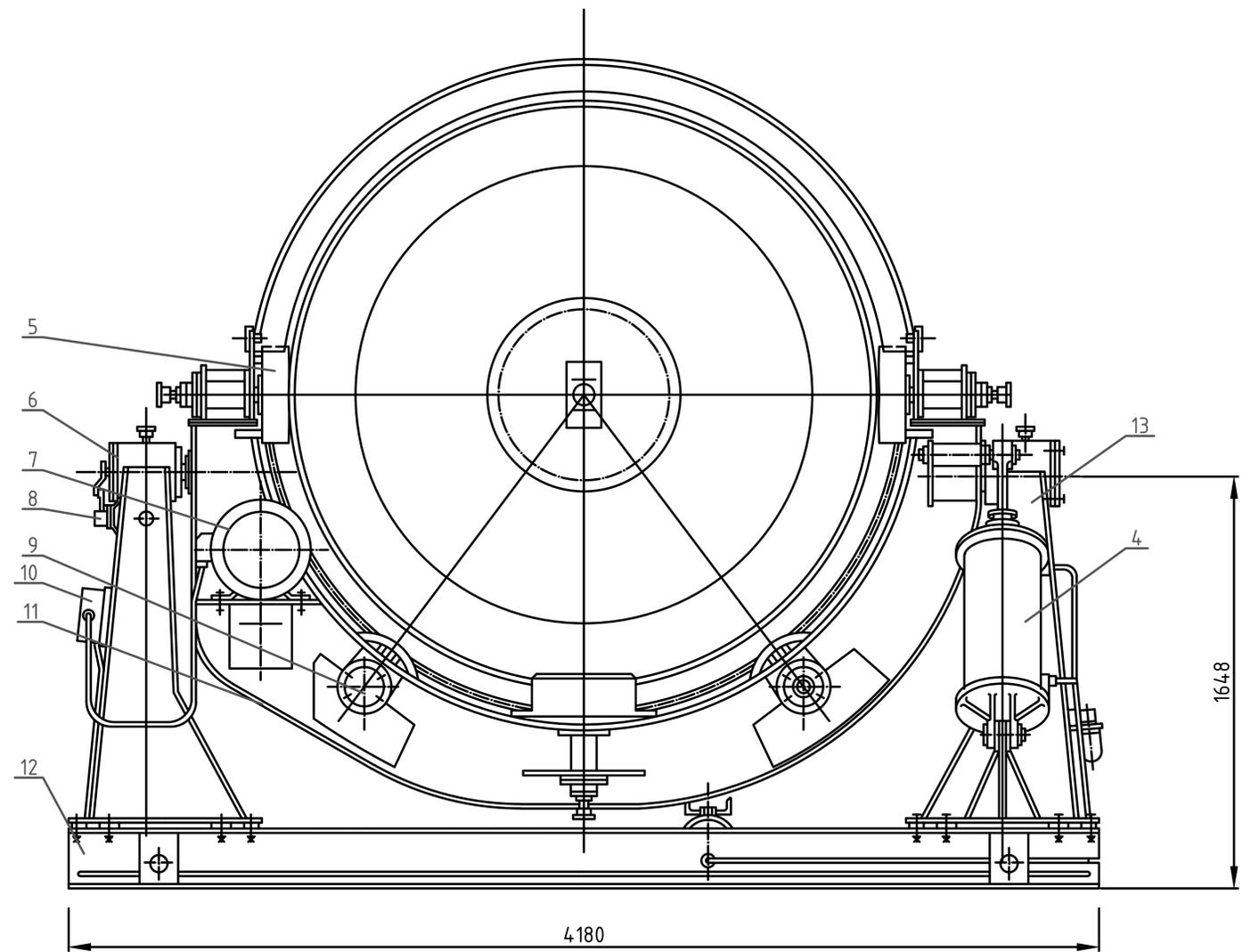
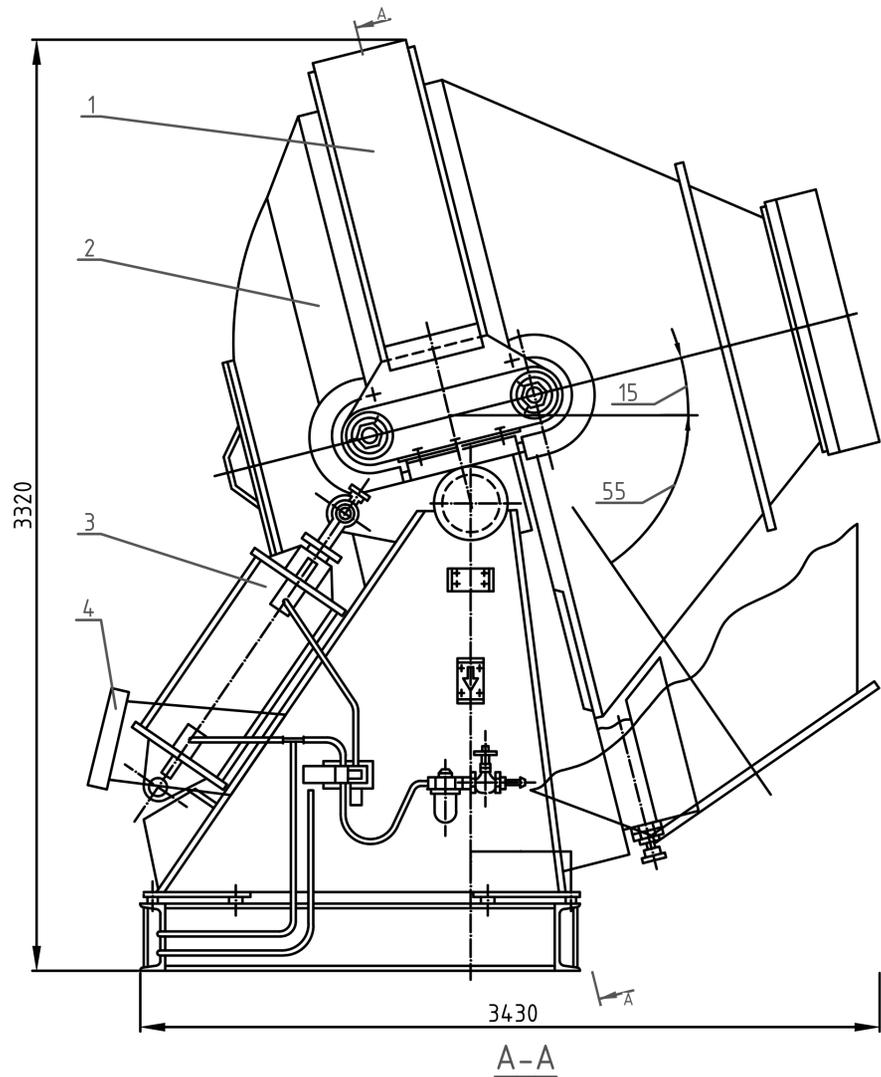
Поз.	Наименование	Кол.	Примеч.
1	Силосы цемента		
2	Пост разгрузки заполнителей		
3	Бункеры заполнителей		
4	Ленточный транспортер		
5	Двухрукавная тачка		
6	Бункеры инертных материалов		
7	Бункеры воды и добавок		
8	Пневмотранспорт		
9	Циклон		
10	Фильтр		
11	Шнековый транспортер		
12	Бункер цемента		
13	Дозатор цемента		
14	Дозатор инертных материалов		
15	Дозатор воды и добавок		
16	Загрузочная воронка		
17	Перекидной клапан		
18	Гравитационный бетономеситель		
19	Раздаточный бункер		
20	Тележка адресной подачи		
21	Пост распалубки		
22	Пост чистки и смазки форм		
23	Пост формования		
24	Пост армирования		
25	Пост укладки верхнего слоя бетона		
26	Пост уплотнения		
27	Подъемник-снижатель		
28	Щелевая пропарочная камера		
29	Пост отделки		
30	Пост чистки и смазки форм		
31	Пост формования		
32	Мостовой кран		
33	Ямная пропарочная камера		
34	Пост распалубки		
35	Пост отделки		
36	Самоходная тележка		
37	Бетонораздатчик		
38	Кассетные установки		
39	Пост распалубки		
40	Пост отделки		

БР-08.03.01-2017 ТХ					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. чч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Гранкин			
Руковод.		Пересыпкин			
Зав. каф.		Иваньев			
Н. контр.		Пересыпкин			
Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97				Стадия	Лист
				У	2
				10	
Технологическая схема				СМУТС	



Поз.	Наименование	Кол.	Примеч.
1	Электродвигатель	1	
2	Течка двухрукавная	1	
3	Конвейер ленточный	1	
4	Загрузочный патрубок	2	
5	Рама	1	
6	Указатель уровня	10	
7	Установка обрушителя сводов песка	2	
8	Переходные патрубки к дозаторным заполнителям	1	
9	Дозаторы для инертных материалов	7	
10	Переходные воронки с крышки для заполнителей	1	
11	Переходная воронка для заполнителей	1	
12	Приемная воронка с переходным клапаном	1	
13	Гравитационный бетономеситель	2	
14	Бункер раздаточный	2	
15	Бетоновозная эстакада	2	
16	Циклон	1	
17	Рукавный фильтр	1	
18	Шнек	1	
19	Бункер цемента	2	
20	Баки для воды с трубопроводом	1	
21	Дозатор для цемента	1	
22	Бак жидких добавок	1	
23	Дозатор для воды	1	
24	Переходная воронка от дозатора цемента	2	
25	Воронка поворотная	1	
26	Лоток	1	

						БР-08.03.01-2017 ТХ			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол. чч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97	Стация	Лист	Листов
Разраб.		Гранкин					У	3	10
Руковод.		Пересыпкин							
Зав. каф.		Иваньев							
Н. контр.		Пересыпкин							
						План БСУ, Разрез 1-1			
						СМУТС			

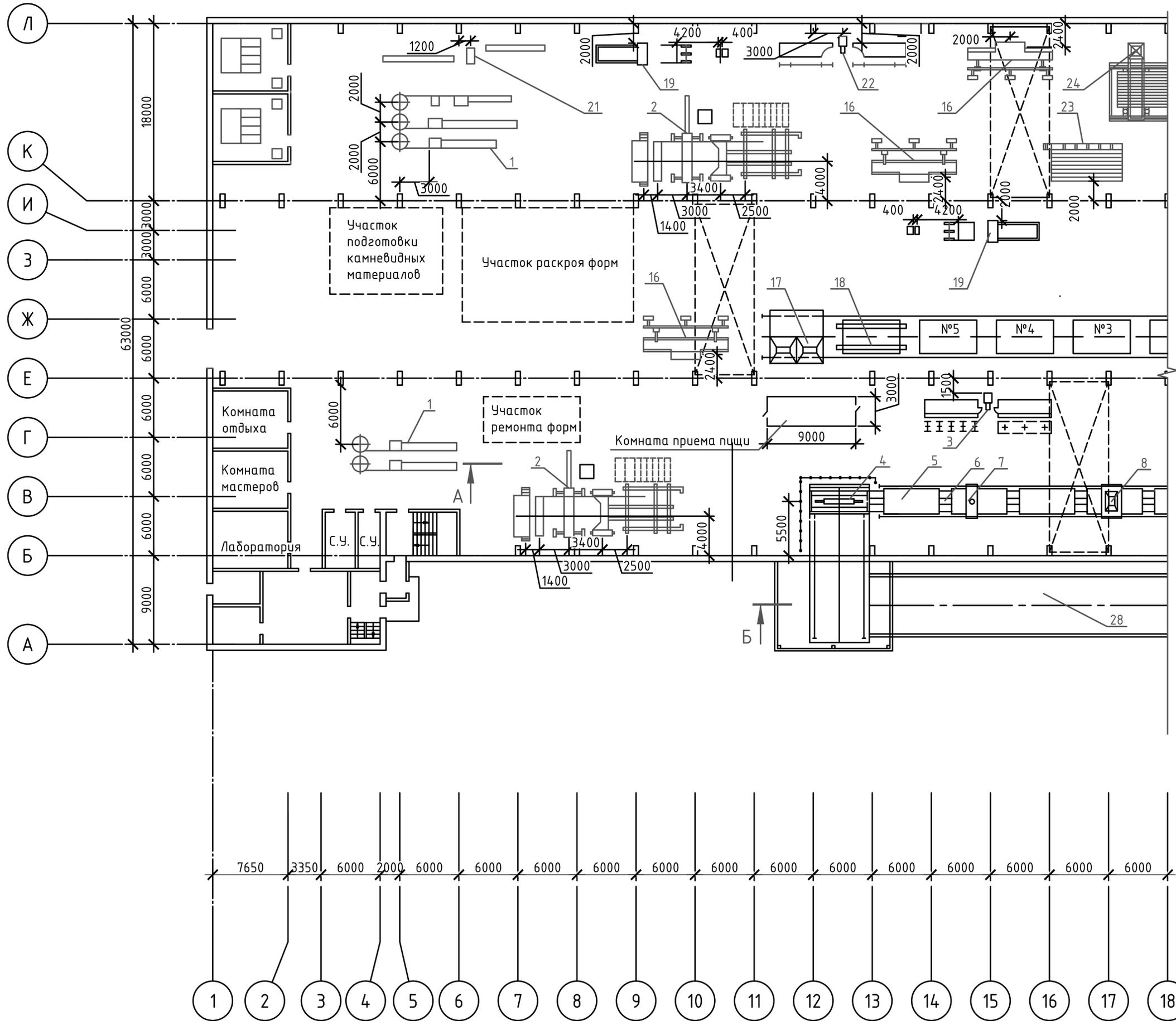


Технические характеристики	
Объем готового замеса БС	1000 л
Объем при загрузке	1500 л
Число циклов в час	20
Крупность заполнителя	120 мм
Частота вращения барабана	18 об/мин
Угол наклона барабана, град.	15/55
Мощность электродвигателя	13,0 кВт
Привод опрокидывания	Пневмотич.
Габаритные размеры, мм	3430/4180/3320
Масса	3000

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
Документация				
	БР-08.03.01-2017 0В	Чертеж общего вида		
Сборочные единицы				
1	БР-08.03.01-2017-10	Кожух	1	
2	БР-08.03.01-2017-20	Смесительный барабан	1	
3	БР-08.03.01-2017-30	Пневмоцилиндр	1	
4	БР-08.03.01-2017-40	Электродвигатель	1	
5	БР-08.03.01-2017-50	Опорный ролик	2	
6	БР-08.03.01-2017-60	Левая стойка	1	
7	БР-08.03.01-2017-70	Редуктор	1	
8	БР-08.03.01-2017-80	Путевой выключатель	1	
9	БР-08.03.01-2017-90	Поддерживающий ролик	2	
10	БР-08.03.01-2017-100	Клеммная коробка	1	
11	БР-08.03.01-2017-110	Траверса	1	
12	БР-08.03.01-2017-120	Рама	1	
13	БР-08.03.01-2017-130	Правая стойка	1	
14	БР-08.03.01-2017-140	Лопасты	6	

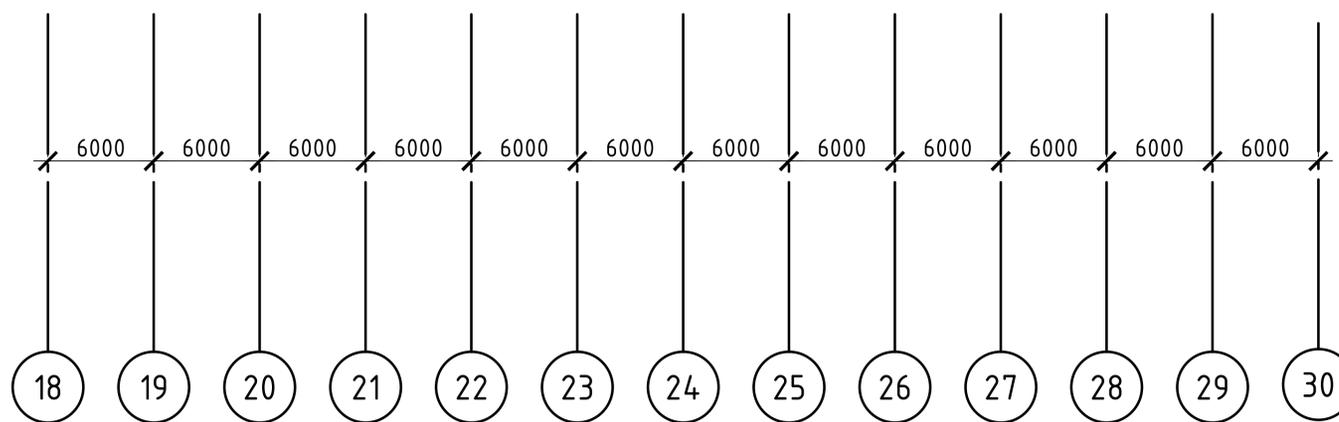
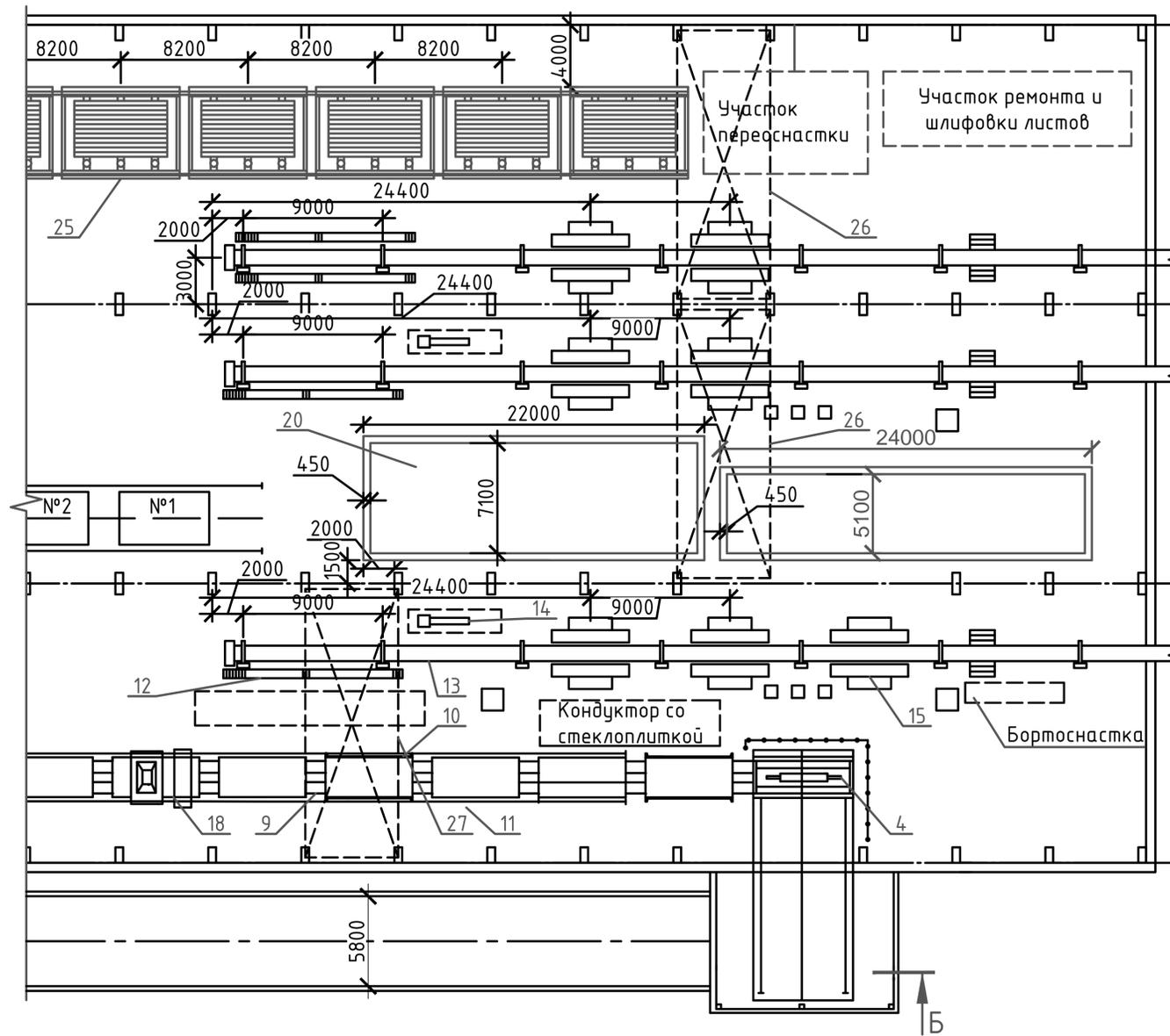
БР-08.03.01-2017 0В					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Гранкин	Полова			
Руковод.	Пересыпкин	Иваньков			
Зав. каф.	Иваньков	Пересыпкин			
Н. контр.	Пересыпкин				
Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97			Стадия	Лист	Листов
Бетонобетонистель СБ-94			У	4	10
			СМУТС		

План на отм. 0.00  
М 1:200



БР-08.03.01-2017 ТХ					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. чч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Гранкин				
Руковод.	Пересыпкин				
Зав. каф.	Иваньев				
Н. контр.	Пересыпкин				
Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97				Стадия	Лист
План завода по производству крупнопанельных стеновых ограждений				У	5
				Листов	10
				СМУТС	

План на отм. 0.00  
М 1:200

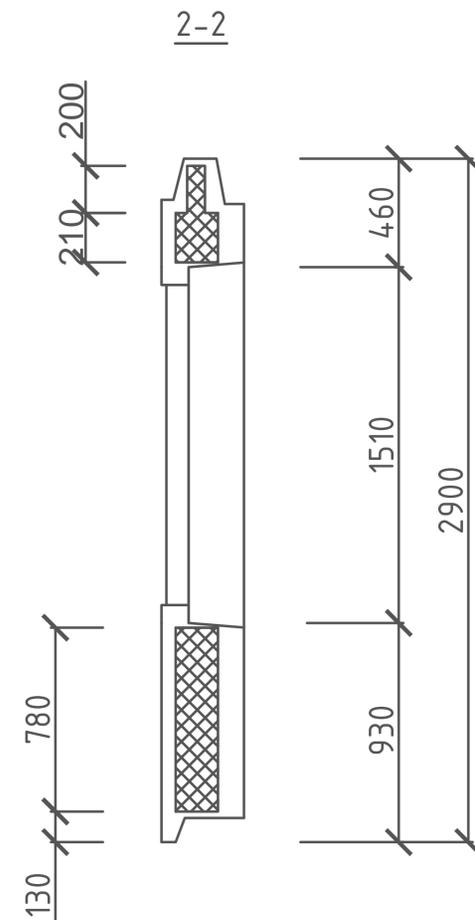
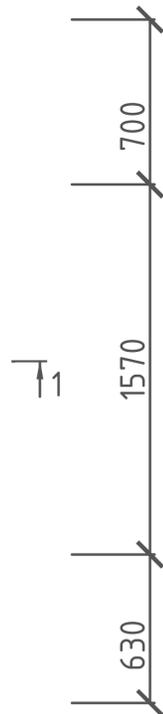
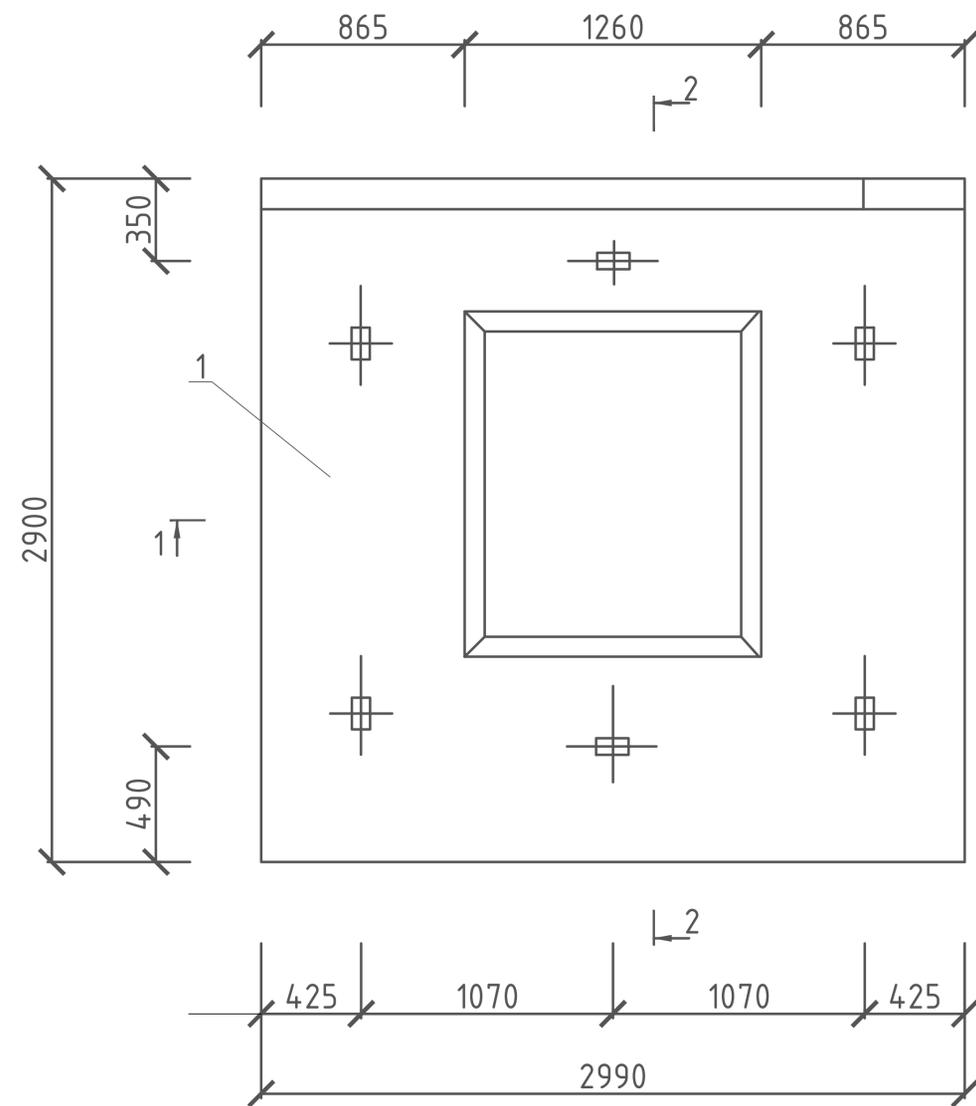


Поз.	Наименование	Кол.	Примеч.
1	Установка для правки и резки арматурной стали	5	
2	Многоэлектродная машина для сварки	2	
3	Машина одноэлектродная для контактной сварки	1	
4	Передачная тележка		
5	Форма вагонетка		
6	Привод конвейера перемещения форм		
7	Дискозаглаживающая машина		
8	Бетоноукладчик	1	
9	Транспортная линия перемещения форм		
10	Механизм открывания-закрывания бортов		
11	Привод конвейера передаточного		
12	Эстакада	1	
13	Отделочно-транспортная линия	3	
14	Моющая машина	3	
15	Подъемник снижатель	1	
16	Вертикальная установка для сварки каркасов	3	
17	Бетоноукладчик	1	
18	Виброплощадка	2	
19	Многоэлектродная машина для контактной сварки	2	
20	Пропарочная камера ямного типа	2	
21	Станок для резки арматурной стали	1	
22	Машина одноэлектродная для сварки	1	
23	Кондуктор для складирования арматурных каркасов		
24	Бетонораздатчик	1	
25	Кассетные установки	6	
26	Кран мостовой 12т	4	
27	Кран мостовой 10т	2	
28	Пропарочная камера (щелевая)	1	
29	Навесной вибратор	1	

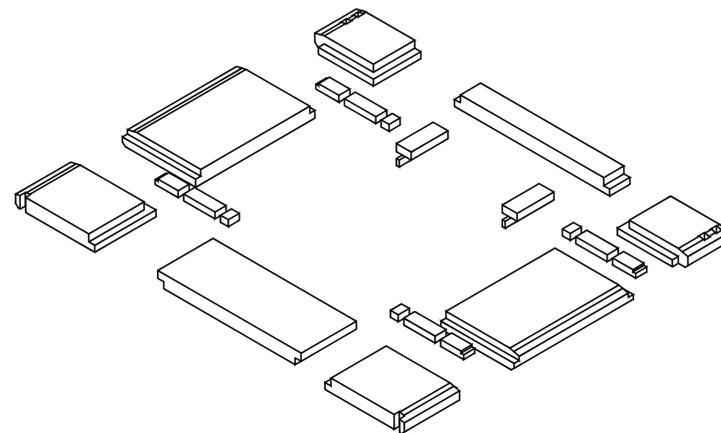
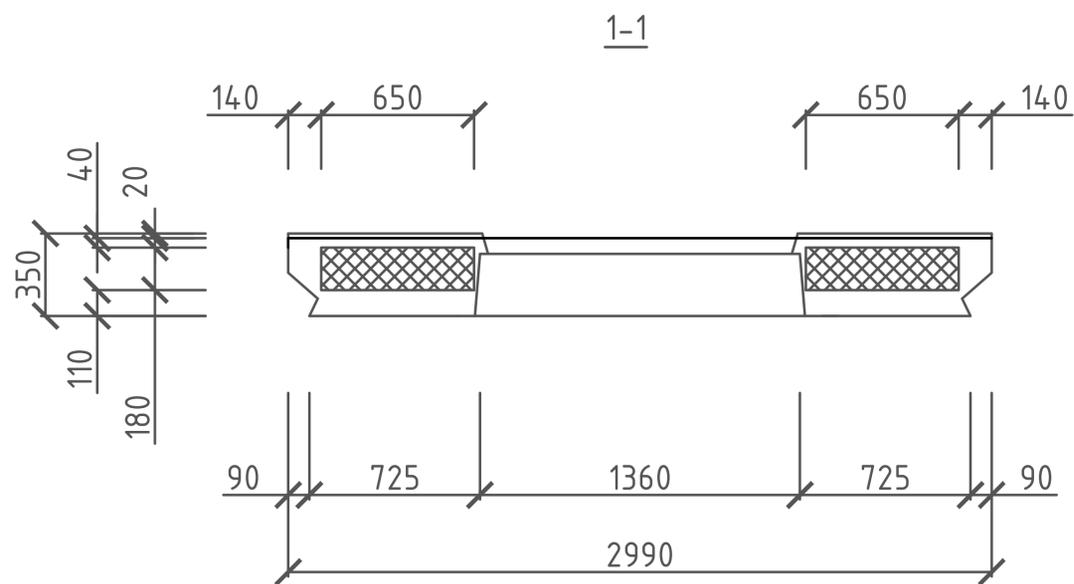
БР-08.03.01-2017 ТХ					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. чл.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Гранкин	Полова			
Руковод.	Пересыпкин				
Зав. каф.	Иванькин				
Н. контр.	Пересыпкин				
Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97				Стация	Лист
				У	6
План завода по производству крупнопанельных стеновых ограждений				СМУТС	



ФАСАД  
М 1:15

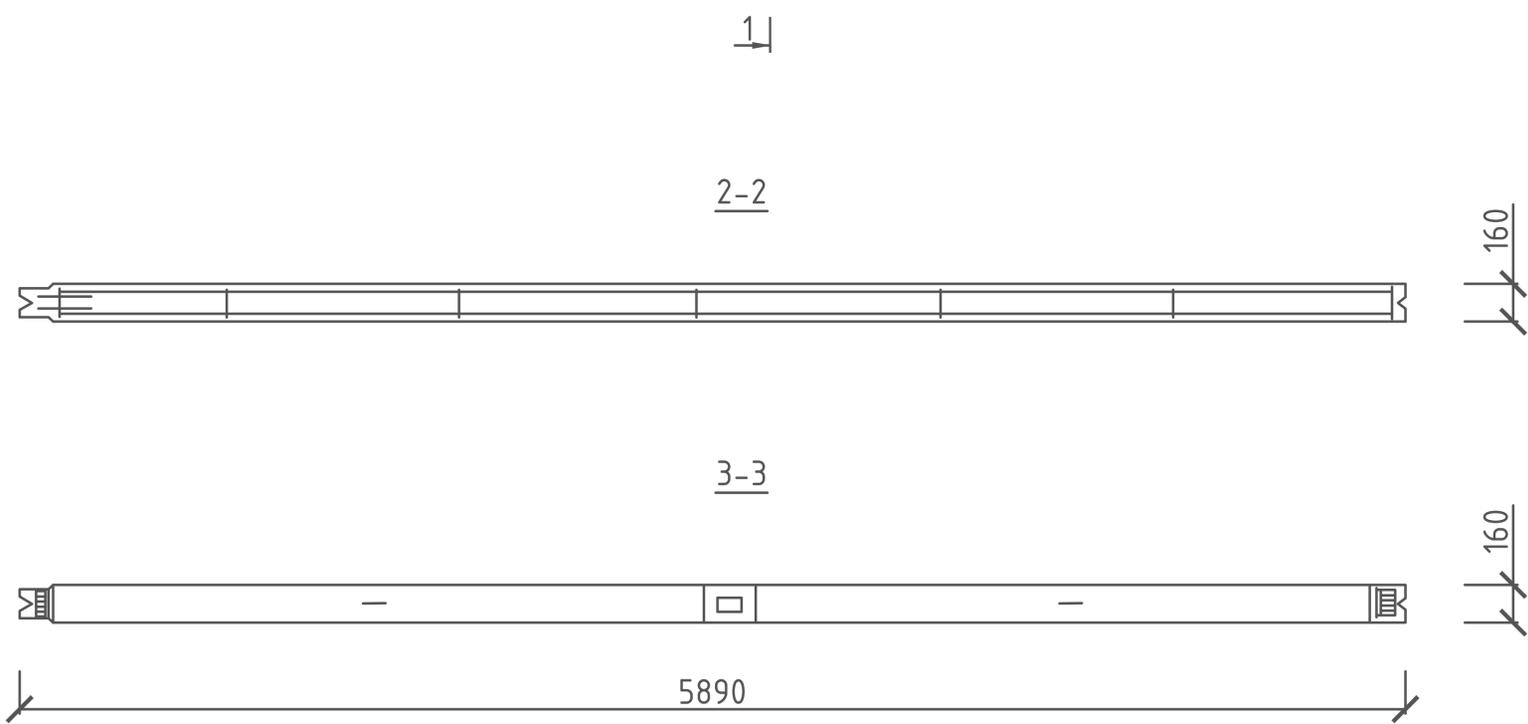
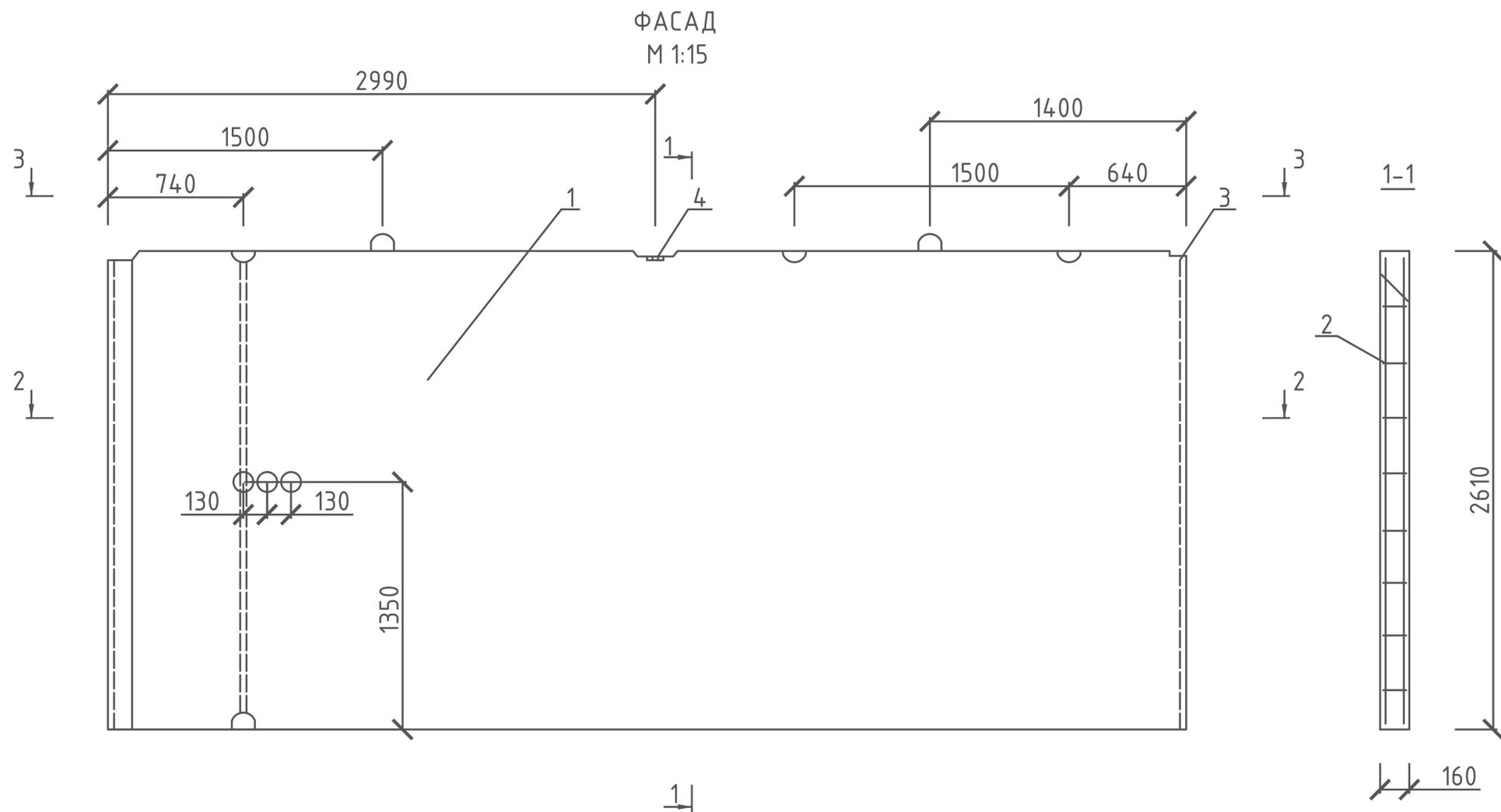


Раскладка теплоизоляционных плит  
согласно рекомендациям по проектированию наружных  
трёхслойных стеновых панелей ОАО КБ Якушева, Москва 2007



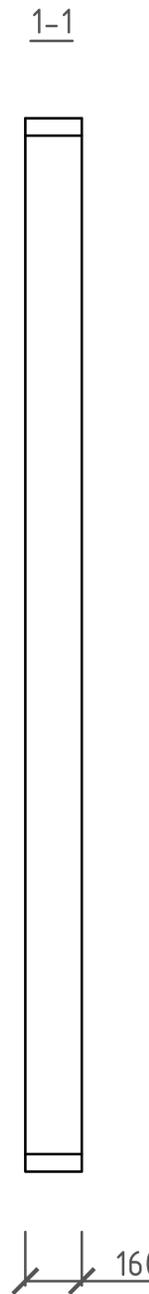
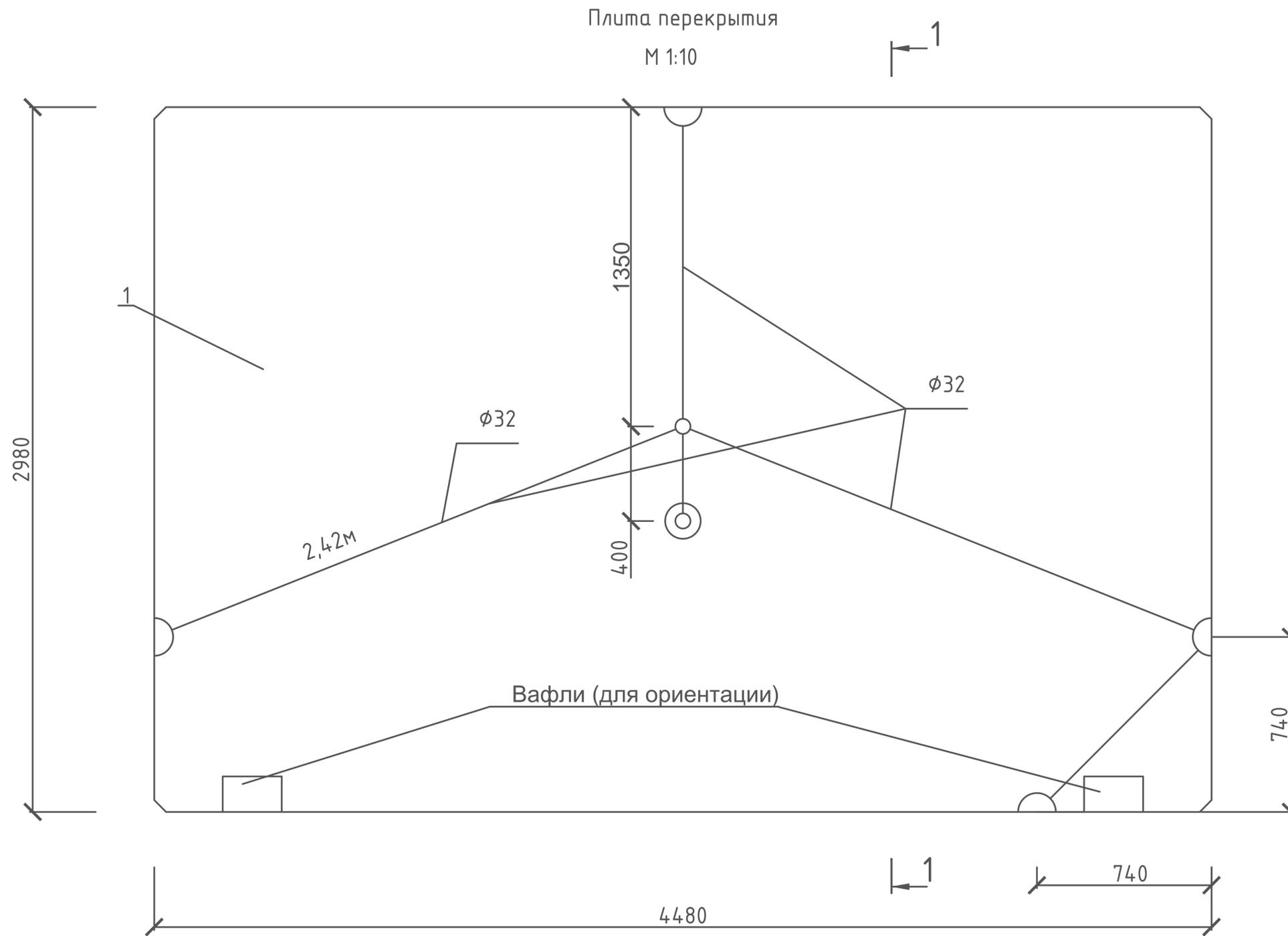
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		Сборочные единицы		
1	Н-105	Панель ЗНС30.29.35-200лш		
		Дополнительные материалы		
		Керамзитобетон	0,57	м <sup>3</sup>
	ГОСТ 15588-2014	Утеплитель ППС-25	0,87	м <sup>3</sup>
		Фактурный слой	0,23	м <sup>3</sup>
		Мастика		

БР-08.03.01-2017 ТХ					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. чч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Гранкин				
Руковод.	Пересыпкин				
Зав. каф.	Иваньев				
Н. контр.	Пересыпкин				
Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97				Стадия	Лист
Наружная стеновая панель Н-105				У	8
				Листов	10
				СМУТС	



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		Сборочные единицы		
1	В 1	Панель стеновая внутренняя		
2		Каркас пространственный	1	
3		Изделие закладное М5	2	
4		Изделие закладное М20	1	
		Дополнительные материалы		
		Бетон М200 В-15	2,44	м³

БР-08.03.01-2017 ТХ					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. чч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Гранкин			
Руковод.		Пересыпкин			
Зав. каф.		Измайлов			
Н. контр.		Пересыпкин			
Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97				Стадия	Лист
Внутренняя стеновая панель В 1				У	9
				Листов	10
				СМУТС	



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		Сборочные единицы		
1	П-5	Плита перекрытия П45.30.16-3у		
		Дополнительные материалы		
		Бетон М200 В-15	2,82	м³

БР-08.03.01-2017 ТХ					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. чч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Полова	Гранкин			
Руковод.	Пересыпкин				
Зав. каф.	Иваньев				
Н. контр.	Пересыпкин				
Технологическая линия по производству крупнопанельных стеновых ограждений серии 97				Стадия	Лист
Плита перекрытия П-5				У	10
				Листов	10
				СМУТС	