

Министерство науки и высшего образования РФ
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Строительные материалы и изделия»

ВКР ПРОВЕРЕНА

Рецензент

/ М.Д. Бутакова /

« »

2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

/ А.А. Орлов /

« »

2020 г.

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе

08.03.01.2020.042.00.00.ПЗ

Изготовление бетонных изделий на линии циркуляции ООО «БЕТОТЕК»

Руководитель ВКР

/ М.Д. Бутакова /

« »

2020 г.

Автор ВКР

Студент группы АС –461

/ М.В. Панов /

« »

2020 г.

Нормоконтролёр

/ Т.Н. Черных /

« »

2020 г.

Челябинск
2020

АННОТАЦИЯ



Панов М.В. Изготовление бетонных изделий на линии циркуляции ООО «БЕТОТЕК» – Челябинск: ЮУрГУ, СМиИ, 2020, 122 стр., 29 ил., 24 табл.

Библиографический список – 30 наименований.

В дипломном проекте рассмотрено производство предварительно напряженных дорожных плит 1П60.18-30AIV на линии циркуляции паллет на ООО «Бетотек» г. Челябинск.

Целью данного проекта является разработка технологии производства предварительно напряженных железобетонных изделий на существующей линии циркуляции паллет.

Для решения поставленных задач была модернизирована уже существующая технологическая линия циркуляции паллет под выпуск предварительно напряженных дорожных плит. Выбран оптимальный способ производства, разработана структура производственного процесса, представлены технологические расчеты, а также был произведен подбор необходимого технологического оборудования. Технико-экономическая оценка производства дорожных плит показала высокий уровень рентабельности модернизации технологической линии.

					08.03.01.2020.042.00.00.ПЗ			
Изм	Дата	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Панов М.В.			Изготовление бетонных изделий на линии циркуляции ООО «Бетотек»	Литера	Лист	Листов
Проверил		Бутакова М.Д.				ВКР	4	122
Нормоконтр.		Черных Т.Н.				ЮУрГУ (НИУ)		
Зав. каф.		Орлов А.А.				Кафедра «Строительные материалы и изделия»		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Характеристика района размещения предприятия.....	10
1.2 Генеральный план предприятия	11
2 НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ.....	19
2.1 Основные параметры и размеры изделия.....	15
2.2 Технологические расчеты	15
2.3 Правила приемки.....	22
2.4 Испытание плит по прочности и трещиностойкости.....	23
2.5 Транспортирование и хранение.....	24
3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА.....	25
4 СОСТАВЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА.....	27
5 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА	30
6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.....	33
6.1 Режим работы предприятия	33
6.2 Технологические расчеты конвейерной линии периодического действия	34
6.3 Обоснование режима тепловой обработки	36
6.4 Определение числа работающих	37
7 ВЫБОР СЫРЬЯ И ПОЛУФАБРИКАТОВ	41
7.1 Требования к бетону.....	41
7.2 Цемент	42
7.3 Мелкий заполнитель	42
7.4 Крупный заполнитель.....	43
7.5 Вода	43
7.6 Добавка суперпластификатор	43
7.7 Арматурная сталь.....	43

7.8 Расчет состава сырья бетонной смеси	44
7.9 Расчет напряжения стержневой арматуры	45
8 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	49
9 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА	66
9.1 Описание технологического процесса.....	66
9.2 Режим работы предприятия	69
9.3 Оптимизация распределения трудовых ресурсов.....	69
9.4 Расчет уровня механизации и автоматизации.....	74
10 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАМЕРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ	78
10.1 Общие сведения	78
10.2 Исходные данные.....	78
10.3 Теплотехнический расчет камеры тепловой обработки	80
10.4 Материальный баланс камеры	82
10.5 Тепловой баланс камеры тепловой обработки	83
11 АВТОМАТИЗАЦИЯ КАМЕРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ.....	95
11.1 Общие сведения	95
11.2 Автоматизация камеры тепловой обработки	96
11.3 Описание функциональной схемы автоматизации процесса тепло- вой обработки	100
12 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ... 104	
12.1 Общая характеристика участка производства дорожных плит	104
12.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	104
12.3 Микроклимат.....	104
12.4 Освещение	106
12.5 Вибрация	107
12.6 Шум	108
12.7 Вредные вещества.....	109
12.8 Электробезопасность.....	109
12.9 Пожаробезопасность.....	110

12.10 Охрана окружающей среды	111
13 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖ- НЫХ ПЛИТ	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	118
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	119
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	122

ВВЕДЕНИЕ

Ключевым фактором индустриализации строительства является развитие производства сборного железобетона. В данный момент в стране создана промышленность сборных железобетонных конструкций и изделий, обеспечивающая возможность его использования во всех областях современного строительства, в том числе и транспортном.

Благодаря массовому применению сборных железобетонных конструкций, возросли масштабы и темпы строительства. По сей день считается, что в дальнейшем сборный железобетон останется основным строительным материалом. Последующая индустриализация строительства, а также создание предприятий с передовой технологией, механизацией и автоматизацией производства связаны с расширением заводского производства изделий и конструкций из сборного железобетона

В условиях стремительного развития промышленности сборного железобетона, важно учитывать задачи техники безопасности, охраны окружающей среды, охраны труда, рационального использования минеральных и других природных ресурсов, а также широкое использование техногенного сырья.

Улучшению эффективности производства способствует совершенствование управления предприятий сборного железобетона на основе развития и углубления специализации и кооперирования предприятий с целью максимального использования действующих мощностей реконструкции и повышения технического уровня действующих заводов.

Кардинальное изменение технологии производства железобетонных и бетонных конструкций может быть реализовано путем внедрения новых технологических процессов, высокопроизводительного и автоматизированного оборудования, современных систем мониторинга качества готовых изделий.

В настоящее время всё чаще актуализируется вопрос о повышении качества и долговечности сборных железобетонных изделий, используемых в

устройстве дорожного покрытия, из-за большого воздействия удельного давления на него, а также интенсивных нагрузок.

Главными преимуществами сборных железобетонных изделий, применяемых для устройства дорожного покрытия являются: повышение производительности труда, возможность организовывать строительство вне зависимости от времени года, снижение себестоимости изготовления. Основным способом снижения себестоимости железобетонного изделия является применение предварительного напряжения стержневой арматуры в изделиях, что снижает расход основных материалов при производстве.

Исходя из актуальности применения сборного железобетона в строительстве дорог, было принято решение о расширении номенклатуры выпускаемых изделий путем модернизации действующей технологической линии под производство предварительно напряженных дорожных плит.

1 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Характеристика района размещения предприятия

Предприятие ООО «Бетотек» расположено по адресу: г. Челябинск, Калининский р-он, ул. Героев Танкограда.

В городе Челябинск в течение года преобладают северные, северо-западные и юго-западные ветра. Отсюда можно сделать вывод, что большая часть выбросов пыли при производстве попадают на промышленную часть города.

Годовая роза ветров города Челябинск представлена на рисунке 1.

Значения скорости ветра и его повторяемости за январь и июль приведены в таблице 1.

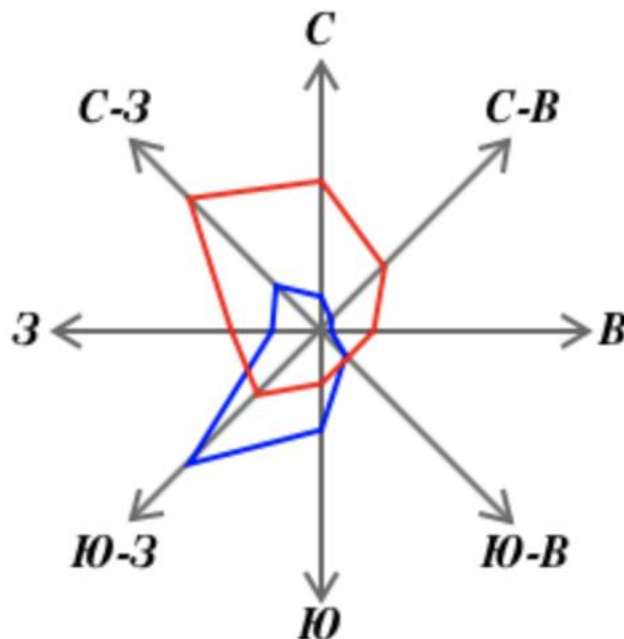


Рисунок 1 – Годовая роза ветров города Челябинск

Таблица 1 – Значения скорости и повторяемости ветра в городе Челябинск

Месяц	Скорость ветра, м/с / Повторяемость, %							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	4,2/6	4,1/4	2,9/4	2,6/6	2,9/18	3,0/37	3,3/12	4,4/13
Июль	4,5/16	4,3/15	3,5/9	2,6/3	2,9/8	3,1/12	3,8/10	3,2/27

По данным СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» климатические условия города Челябинска характеризуются следующими показателями:

- среднегодовая температура воздуха +2 °С;
- средняя температура воздуха в июле и августе месяцах +18,4...+16,2 °С;
- средняя температура воздуха в январе месяце -15,8 °С;
- в теплый период года преобладают северные и северо-западные ветра 3...5 м/с;
- в зимней период года преобладают юго-западные и южные ветра 2...3 м/с;
- среднее количество осадков в год – 439 мм;
- среднегодовое значение атмосферного давления – 745 мм рт. ст.;
- наибольшая толщина снежного покрова – 40 см;
- глубина грунтовых вод – 4,5 м;
- ветровая нагрузка – 40 кг/м²;
- снеговая нагрузка – 100 кг/м²;
- сейсмичность отсутствует;
- зона влажности С.

1.2 Генеральный план предприятия

В настоящее время, предприятие ООО «Бетотек» в основном производят однослойные и трехслойные стеновые панели для наружных и внутренних стен многоэтажных жилых и общественных зданий.

Общий вид предприятия представлен на рисунке 2.

Количество и площадь зданий и цехов приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Производственные цеха и здания.

Наименование	Кол-во	Площадь, м ²
Формовочный цех №1	1	3168
Формовочный цех №2	1	1512
Арматурный цех	1	1512

Окончание таблицы 2

Наименование	Кол-во	Площадь, м ²
Склад готовой продукции №1	1	2375
Склад готовой продукции №2	1	2160
Хозяйственные, служебные и административные сооружения	-	8357
Общая площадь		19084

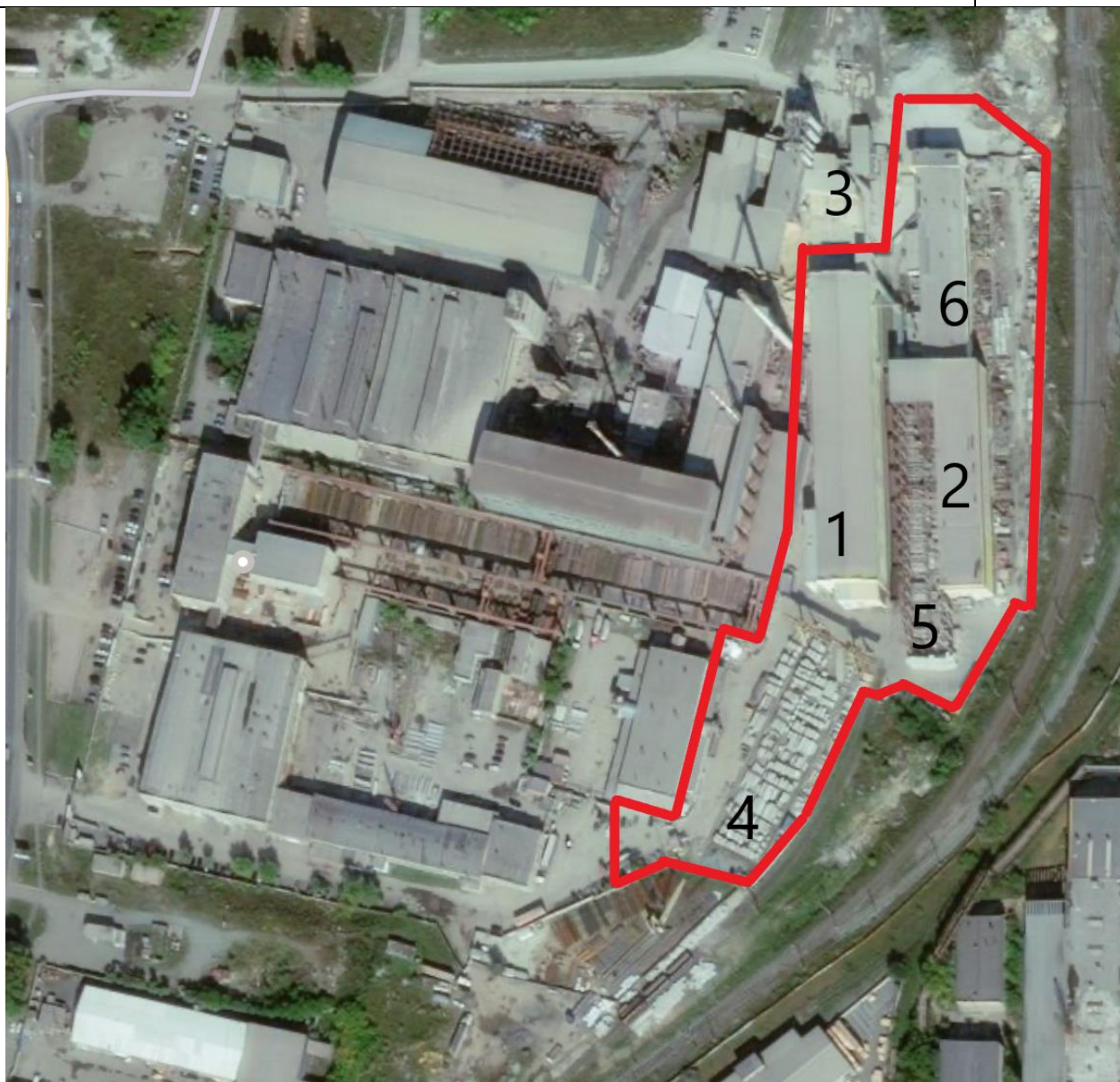


Рисунок 2 – Общий вид предприятия.

1 – формовочный цех №1; 2 – формовочный цех №2; 3 – ООО «БРУ»; 4 – склад готовой продукции формовочного цеха №1; 5 – склад готовой продукции формовочного цеха №2; 6 – арматурный цех.

Каркас здания формовочного цеха №1 выполнен из металлоконструкций с шагом колонн 6 м. Габариты цеха 24x132 м. Цех оснащен двумя кранами-

балками грузоподъемностью 10 т. Вывоз готовых изделий из цеха на склад производится при помощи вывозной тележки. Склад готовой продукции №1 оснащен козловым краном.

За изготовление арматурных изделий отвечает арматурный цех, габариты которого составляют 18х84 м. АРЦ снабжает арматурными сетками, каркасами, гнутыми элементами и другими арматурными изделиями. Доставка арматуры осуществляется при помощи грузового автотранспорта.

Формовочный цех №2 оснащен тремя кассетными установками для формования однослойных стеновых панелей и плит перекрытий, и установкой для формования вентиляционных блоков. Габариты формовочного цеха составляют 18х84 м. Готовые изделия вывозятся на склад готовой продукции №2. Склад оснащен мостовым краном.

За изготовление и доставку бетонной смеси отвечает ООО «БРУ». В формовочные цеха №1 и №2 доставка осуществляется посредством адресной подачи.

На предприятие имеются автомобильные и железнодорожные подъездные пути. Ширина автодороги на предприятии – 6 м.

В предзаводской зоне расположена стоянка легковых автомобилей.

Вдоль магистральных и производственных дорог предусмотрены тротуары независимо от интенсивности пешеходного движения, а вдоль проездов и подъездов – при интенсивности движения не менее 100 чел. в смену.

Основным элементом озеленения площадки предприятия является газон.

Доставка сырья для производства и вывоз готовой продукции осуществляется грузовым автотранспортом.

Основные технико-экономические показатели генерального плана:

- площадь территории – 1,91 га;
- площадь застройки – 1,08 га;
- площадь озеленения – 0,17 га;
- площадь автомобильных дорог и тротуаров – 0,38 га;
- длина дорог – 438 м;

- длина железнодорожных путей – 210 м;
- коэффициент плотности застройки – 57%;
- коэффициент озеленения – 9%;
- коэффициент использования территории – 78%.

2 НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ

2.1 Основные параметры и размеры изделия

Предварительно-напряженные железобетонные дорожные плиты следует изготавливать в соответствии с требованиями ГОСТ 21924.1-84 «Плиты железобетонные предварительно-напряженные для покрытий городских дорог».

Все дорожные плиты в обязательном порядке маркируются в соответствии с требованиями ГОСТ 23009-2016. Маркировка железобетонных дорожных плит состоит из буквенно-цифровых групп. Первая группа содержит обозначение типа плиты и ее основные размеры в дециметрах. Во второй группе значение нагрузки, на которую рассчитана плита при ее эксплуатации. Для предварительно напряженных дорожных плит во второй группе марки также обозначается класс напрягаемой арматурной стали. Маркировочные знаки наносятся на боковой или торцевой гранях каждой плиты.

1П60.18-30AIV

Плиты для постоянных дорог (тип 1), прямоугольная, длиной 6000 мм и шириной 1750 мм, рассчитана под автомобиль массой 30 т, с напрягаемыми арматурными стержнями из арматурной стали класса А-IV.

Геометрические размеры, форма, показатели расхода бетона и стали должны соответствовать требованиям, указанным в рабочих чертежах. Внешний вид и форма железобетонной дорожной плиты 1П60.18-30AIV приведены на рисунке 3.

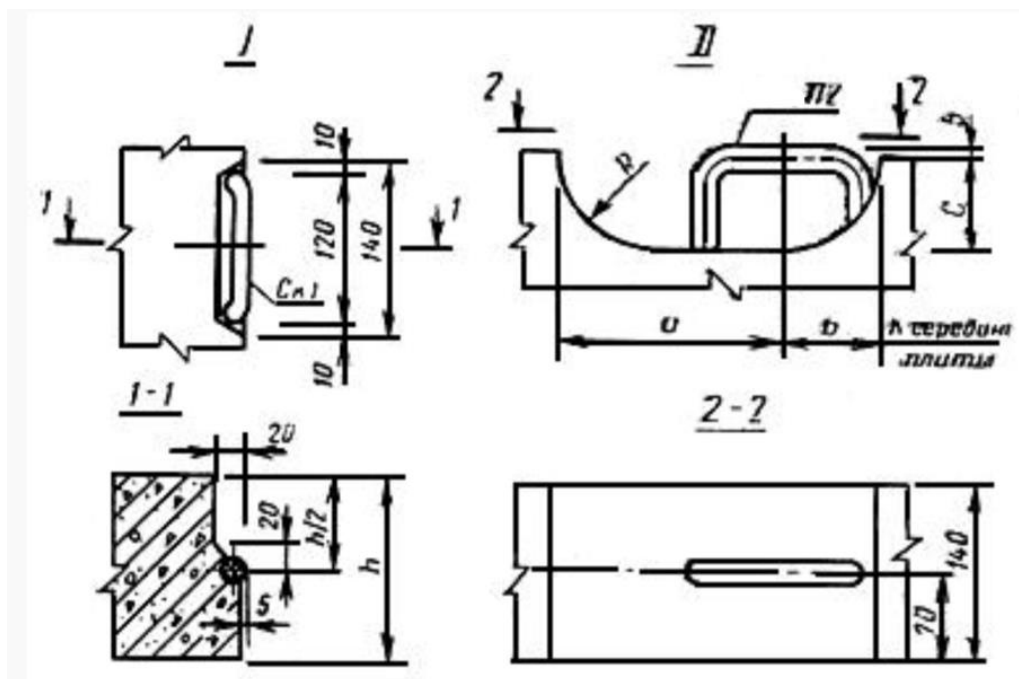
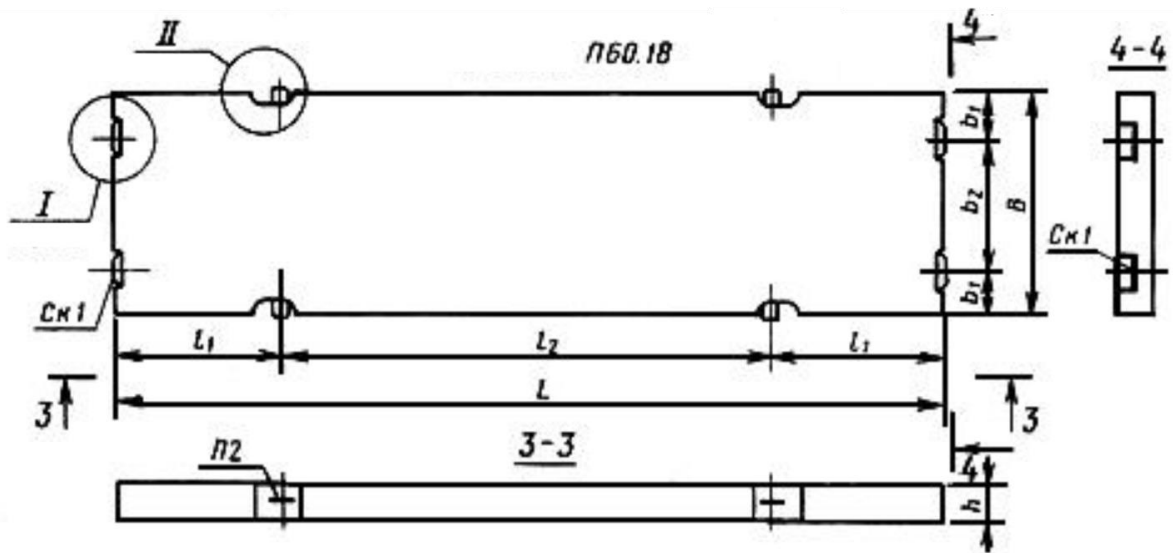


Рисунок 3 – Общий вид предварительно напряженной железобетонной дорожной плиты 1П60.18-30AIV

Размеры предварительно напряженной железобетонной дорожной плиты 1П60.18-30AIV приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Размеры предварительно напряженной железобетонной дорожной плиты 1П60.18-30AIV.

Типоразмер плиты	Размеры плиты, мм.											Масса плиты, т.
	L	B	h	l	L ₂	b ₁	b ₂	a	b	c	R	
1П60.18	6000	1750	140	1200	3600	300	1150	180	70	75	75	3,65

Армирование дорожных плит производится в соответствии с требованиями ГОСТ 21924.3-84 «Плиты железобетонные для покрытий городских дорог. Арматурные и монтажно-стыковые изделия. Конструкция и размеры». Армирование предварительно напряженной железобетонной дорожной плиты 1П60.18-30АІV представлено на рисунке 4.

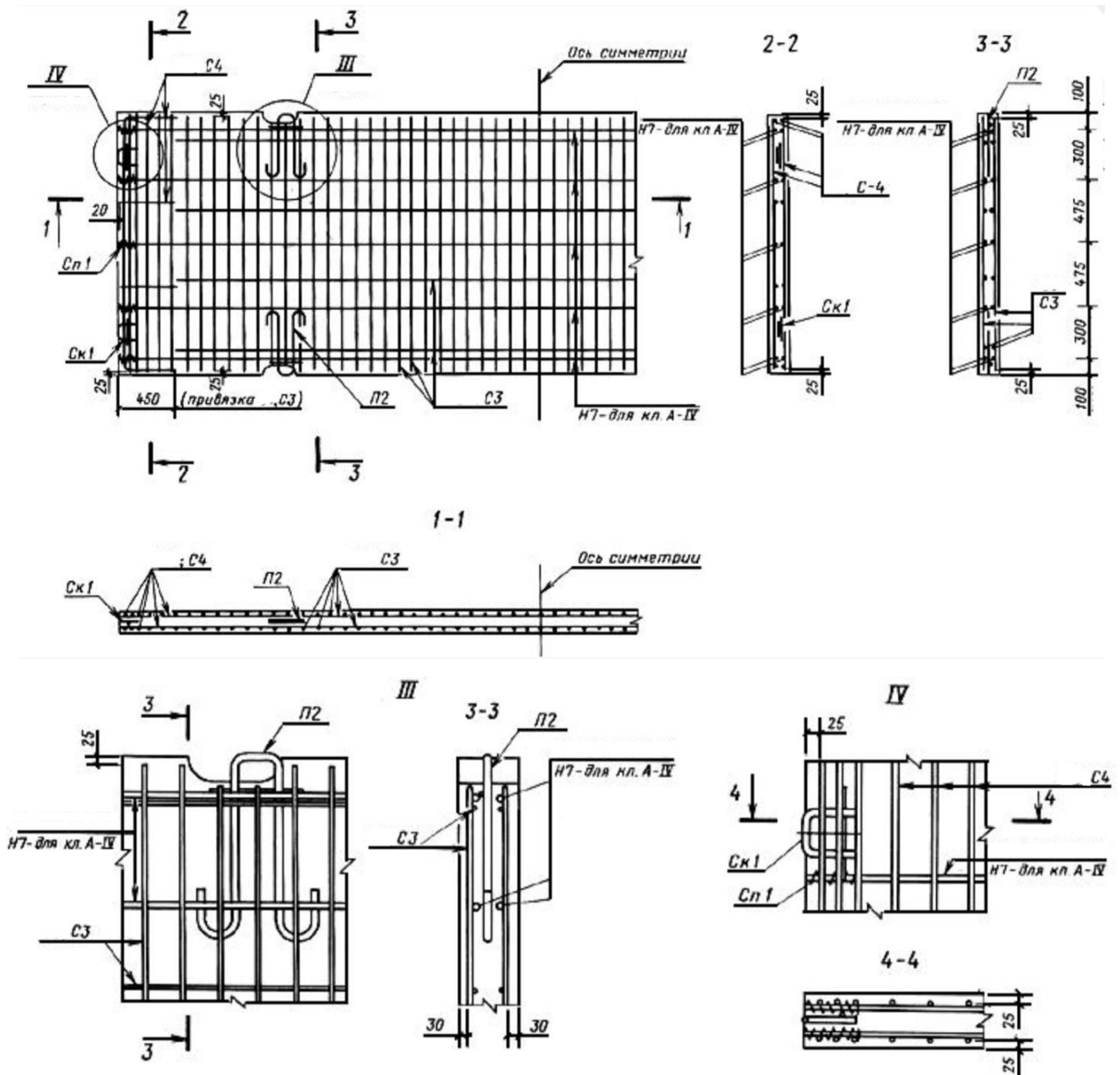


Рисунок 4 – Схема армирования предварительно напряженной дорожной плиты 1П60.18-30АІV

Для армирования дорожной плиты 1П60.18-30АІV используют следующие арматурные изделия:

- арматурная сетка С3 – 2 шт;

- арматурная сетка С4 – 4 шт;
- монтажные петли П2 – 4 шт;
- скобы Ск1 – 4 шт;
- спирали Сп1 – 20 шт;
- напрягаемые арматурные стержни периодического профиля А-IV диаметром 12 мм. – 10 шт.

Форма и размеры арматурных изделий представлены на рисунке 5 и в таблице 4.

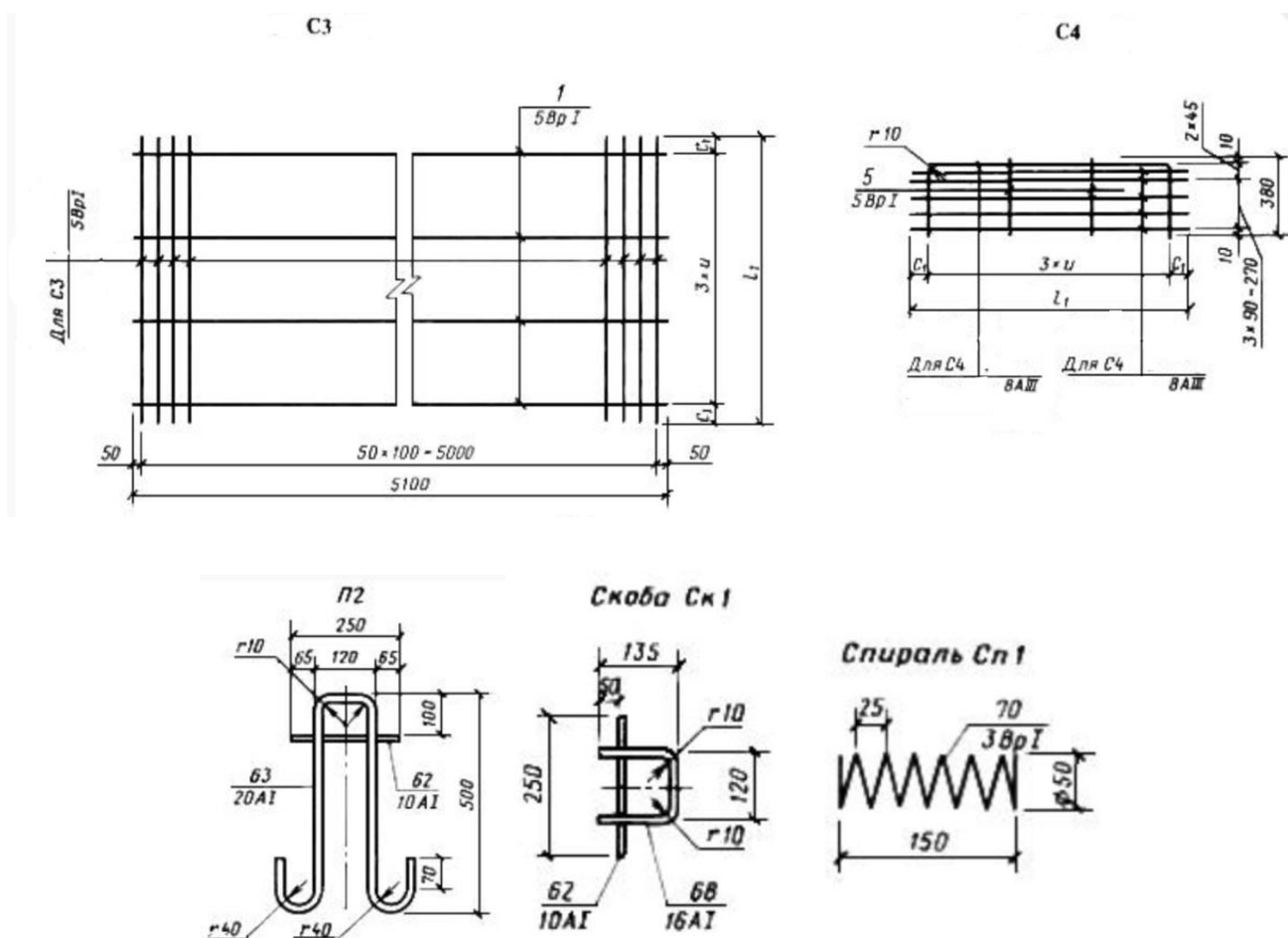


Рисунок 5 – Форма и размеры арматурных изделий

Таблица 4 – Размеры арматурных изделий

Марка	Размеры, мм.		
	l_1	u	c_1
С3	1700	500	100
С4	1700	560	10

Расход арматурной стали на изготовление одной дорожной плиты 1П60.18-30AIV представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Общий расход арматурной стали на изготовление одной дорожной плиты 1П60.18-30AIV

Марка изделия	Напрягаемая арматура, кг.	Ненапрягаемая арматура, кг.						Всего, кг.
	A-IV	A-III	A-I			Bp-I		
	Ø12	Ø8	Ø10	Ø16	Ø20	Ø3	Ø5	
1П60.18-30AIV	53,28	17,28	1,2	2,28	14,04	1,4	31,28	120,76

Основные характеристики предварительно напряженной дорожной плиты 1П60.18-30AIV представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Основные характеристики изделия

Марка изделия	Характеристика бетона				Объем бетона, м ³	Масса бетона, т	Расход арм. стали, кг			Модуль деформации основания, МПа	Площадь постели, м ²	Масса изделия, т.
	Всж	В _t	W	F			Напр.яг.	Ненапр.яг.	все-го			
П60.18-30AIV	B30	3,6	W4	F ₂₀ 0	1,46	3,53	53,28	67,48	120,76	50 500 (кгс/см ²)	10,4	3,65

2.2 Технологические и конструктивно-эксплуатационные требования

Железобетонные дорожные плиты применяют для устройства дорог в районах с расчетной температурой наружного воздуха до минус 40°С включительно.

Рабочая поверхность дорожных плит (верхняя поверхность дорожного покрытия) должна иметь рифление согласно рисунку 6.

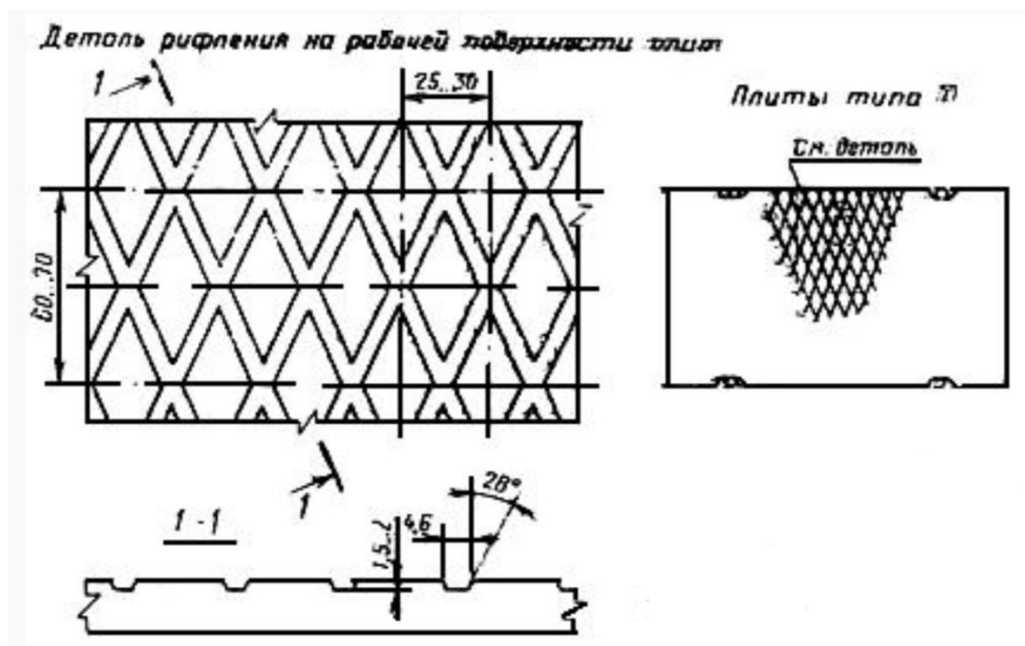


Рисунок 6 – Рифление рабочей поверхности дорожной плиты

Рифленую рабочую поверхность дорожной плиты получают путем применения в качестве днища поддона формы листовой рифленой стали по ГОСТ 8568-77 с ромбическим рифлением. Глубина рифа должна быть не менее 1 мм. Рифленая поверхность плиты должна иметь четкий рисунок рифления без сколов граней канавок.

Размеры местных наплывов и раковин на рабочей поверхности дорожной плиты не должны превышать:

- по диаметру или наибольшему размеру раковин – 15 мм;
- по глубине раковин и высоте местных наплывов – 10 мм.

Трещины на поверхности плит не допускаются, за исключением поверхностных усадочных и технологических шириной не более 0,1 мм и длиной не более 50 мм в количестве не более пяти на 1,5 м² поверхности плиты.

Дорожные плиты рассчитаны на нагрузку возникающей от проезжающих по ним автомобилей массой 10 – 30 тонн. При этом коэффициент динамичности равен 1,2, а модуль деформации основания при расчете плит составляет 50 МПа (500 кгс/см²).

Дорожные плиты должны удовлетворять требованиям:

- по показателям фактической прочности бетона (в проектном возрасте, отпущенной и передаточной);

- к качеству материалов, применяемых для приготовления бетона;
- к качеству арматурных изделий и их положению в плите;
- по маркам арматурной стали;
- по отклонению толщины защитного слоя бетона до арматуры.

Значения отклонений от геометрических размеров дорожной плиты не должны превышать предельных, указанных в таблице 7.

Таблица 7 – Значения фактических отклонений геометрических размеров дорожной плиты

Вид отклонения геометрического параметра	Геометрический параметр и его номинальное значение	Предел отклонений, мм, для плит постоянных дорог
Отклонение от линейного размера	Длина и ширина плиты:	
	– до 2,5 м. включительно;	±6
	– свыше 2,5 до 4,0 м. включительно;	±8
	– свыше 4,0 м.	±10
	Толщина плиты	±4
	Размеры выемок (монтажно-стыковые элементы)	±3
	Размер, определяющий положение закладных изделий:	
– в плоскости плиты;	10	
– из плоскости плиты	3	
Отклонение от прямолинейности	Прямолинейность профиля верхней поверхности плиты в любом сечении на всей длине или ширине:	
	– до 2,5 м. включительно;	4
	– свыше 2,5 до 4,0 м. включительно;	5
	– свыше 4,0 м.	6
Отклонение от плоскостности	Плоскостность лицевой поверхности плиты (при измерении от условной плоскости, проходящей через три крайние точки) при длине плиты:	
	– до 2,5 м. включительно;	4
	– свыше 2,5 до 4,0 м. включительно;	5
	– свыше 4,0 м.	6

Окончание таблицы 7

Вид отклонения геометрического параметра	Геометрический параметр и его номинальное значение	Предел отклонений, мм, для плит постоянных дорог
Отклонение от перпендикулярности	Перпендикулярность смежных торцевых граней плит на участке длиной: – 400 мм; – 1000 мм.	2 2,5
Отклонение от равенства диагоналей	Разность длин диагоналей лицевых поверхностей плит при их наибольшем размере (длине и ширине): – до 4,0 м. включительно; – свыше 4,0 м.	8 10

2.3 Правила приемки

Приемку плит производят партиями в соответствии с требованиями ГОСТ 13015-2012 и настоящего стандарта.

Испытание дорожных плит по прочности и трещиностойкости нагружением производят перед началом их массового изготовления, при внесении в них конструктивных изменений или изменении технологии производства дорожных плит.

Приемку плит по показателям прочности бетона (классу по прочности на сжатие, отпускной и передаточной прочности), расположения арматуры и натяжения напрягаемой арматуры, соответствия арматурных изделий, прочности сварных соединений, толщины защитного слоя бетона до арматуры, точности геометрических параметров, качества поверхностей проводят по результатам приемосдаточных испытаний и контроля.

Приемку дорожных плит по морозостойкости, водонепроницаемости и водопоглощению бетона проводят по результатам периодических испытаний.

При приемке плит по показателям точности геометрических параметров, толщины защитного слоя бетона до арматуры и качества поверхностей, контро-

лируемых путем измерений, следует применять выборочный одноступенчатый контроль.

2.4 Испытание плит по прочности и трещиностойкости

Испытание дорожных плит нагружением проводят после достижения бетоном плит прочности, соответствующей классу бетона по прочности на сжатие и марке по прочности на растяжение при изгибе.

Испытания плит по прочности и трещиностойкости следует проводить по схеме, приведенной на рисунке 7, и данным таблицы 8.

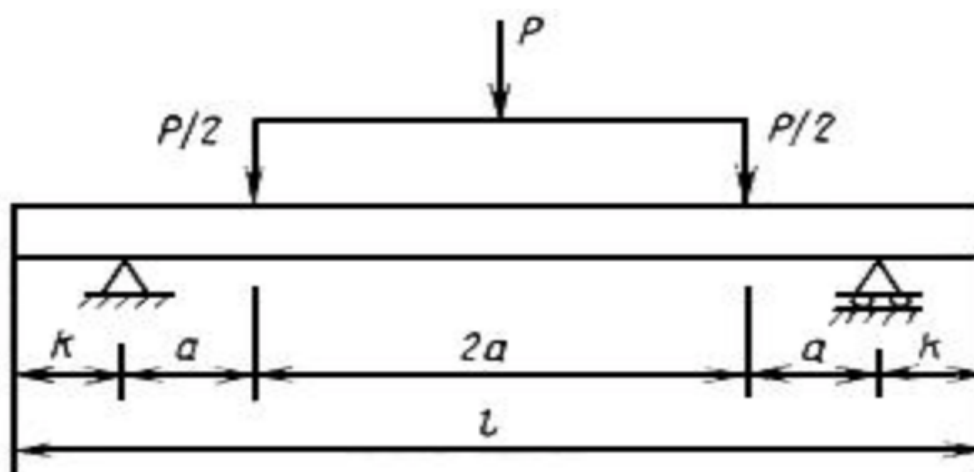


Рисунок 7 – Схема испытания плит по прочности и трещиностойкости

Таблица 8 – Размеры для размещения плиты на установку

Типоразмер плиты	l	a	k
П60.18	6000	900	1200

Значения контрольной нагрузки при испытании плит по прочности и трещиностойкости приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Значения контрольной нагрузки при испытании

Марка плиты	Контрольная нагрузка (без учета собственного веса плиты) при испытании плиты, кН.	
	По прочности	По трещиностойкости
1П60.18-30AIV	67,6	37,2

Контрольная ширина раскрытия трещин при испытании не должна превышать 0,1 мм. Ширину трещин измеряют в местах ее наибольшего раскрытия.

Прочность бетона на сжатие и растяжение при изгибе определяется на серии образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава.

Морозостойкость бетона следует определять из серии образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава, при этом бетонные образцы перед испытанием должны быть насыщены 5% раствором хлористого натрия и в таком же растворе должны оттаивать после каждого цикла замораживания.

2.5 Транспортирование и хранение

Хранение и транспортирование плит должно производиться в рабочем (горизонтальном) положении.

Дорожные плиты складироваются в штабелях рассортированными по маркам и партиям. Высота штабеля не должна превышать 2 метров по высоте.

Нижний ряд плит в штабеле необходимо укладывать на тщательно выровненное основание на подкладки.

Дорожные плиты при хранении в штабеле, а также при транспортировании необходимо укладывать на поперечные прокладки толщиной не менее 25 мм, расположенные строго по вертикали одна над другой у мест подъема плит.

Плиты следует транспортировать автомобильным или железнодорожным транспортом в рабочем положении с надежным закреплением. Плиты при транспортировании не должны подвергаться ударам и толчкам.

3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА

Способ производства определенного вида железобетонных изделий выбирается в соответствии с требованием СП130.13330.2018, а также других конструктивных материалов.

В настоящее время для производства предварительно напряженных дорожных плит применяются стандовые, конвейерные и поточно-агрегатные схемы производства.

Особенностью стандовой технологии производства является относительно небольшие капитальные затраты и возможность быстрой организации производства сборных железобетонных изделий. Главными недостатками данной технологии является то, что при ее применении требуются большие производственные площади и относительно высокие трудовые затраты для изготовления изделий. Из-за этого данный способ производства в настоящее время используется для изготовления крупно габаритный и сложных по форме изделий.

Поточно-агрегатная схема производства основывается на выполнении технологических операций на нескольких рабочих постах. На каждом посту выполняется одна или несколько технологических операций, после чего форма перемещается на следующий пост. Зачастую перемещение формы осуществляется при помощи мостового крана. Особенностью данной технологической схемы производства является поточность без принудительного ритма. Кроме того, этот способ производства позволяет легко перенастраивать технологию производства с одного вида изделия на другой и тем самым увеличивать номенклатуру изделий.

Конвейерный способ производства характеризуется расчленением производственного процесса по отдельным технологическим операциям, выполняемых последовательно на отдельных постах. Каждый пост расположен последовательно, вдоль конвейера. Таким образом изготавливаемые изделия движутся с заданным ритмом от одного поста конвейера к другому.

В сравнении с поточно-агрегатным способом производства конвейерный является более экономичным по величине трудовых затрат благодаря высокой степени механизации и автоматизации всех технологических процессов. Также при конвейерном способе производства себестоимость продукции ниже, а, следовательно, сроки окупаемости реконструкции завода будут меньше.

Основываясь на преимуществах и недостатках вышеперечисленных способах производства, было принято решение модернизировать формовочный цех №1 с полу-конвейерным способом производства под производство предварительно напряженных дорожных плит типоразмера П60.18 для увеличения номенклатуры выпускаемых изделий.

4 СОСТАВЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА

В настоящее время на заводе железобетонных изделий ООО «Бетотек» существуют две производственные линии. В формовочном цехе №1 изготавливают однослойные и трехслойные изделия для строительства крупнопанельных домов по полу-конвейерной технологии (например, трехслойные наружные несущие и ненесущие стеновые панели, внутренние стеновые панели, плиты перекрытия и лестничные площадки). В формовочном цехе №2 изготавливают колонны, лестничные марши, сваи по стендовой технологии.

В данном дипломном проекте разрабатывается способ модернизации технологической линии под производство предварительно напряженных дорожных плит типоразмера П60.18. Под данный вид модернизации лучше всего подходит формовочный цех №1.

Формовочный цех №1 представляет собой роликовый конвейер с 16 постами и 30 паллетами. Габариты данного цеха составляют 132x24 м.

Линия оборудована гидравлической виброплощадкой, автоматической линией подачи бетонной смеси, двумя бетоноукладчиками, двумя кран-балками, камерой тепловой обработки, порталной установкой для затирки поверхности бетона, кантователем, самоходной тележкой, порталной установкой для загрузки и выгрузки поддонов. Приготовление бетонной смеси производится на БРУ.

Перечень технологических операций:

- очистка форм, контроль чистки форм;
- смазка форм, сборка форм, закрытие замков, контроль чистки и смазки форм;
- установка арматурных сеток, петель, скоб, спиралей;
- установка напряженной, электротермическим способом, стержневой арматуры в форму;
- перемещение форм по роликовому конвейеру;
- укладка, уплотнение бетонной смеси;

- заглаживание поверхности изделия;
- перемещение формы с изделием в камеру тепловой обработки, контроль режима тепловой обработки;
- раскрытие замков элементов форм;
- передача напряжения на бетон путем обрезки арматурного стержня газовой горелкой;
- перемещение изделия краном-балкой;
- кантование изделия;
- проведение испытания по прочности и трещиностойкости изделия,
- приемка и маркировка изделия;
- выдержка изделия;
- складирование изделия;
- отправка изделия потребителю.

Технологическая схема производства предварительно напряженных дорожных плит 1П60.18-30AIV представлена на рисунке 8.



Рисунок 8 – Технологическая схема производства предварительно напряженных дорожных плит 1П60.18АIV

5 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Согласно СП130.13330.2018 предварительно напряженные дорожные плиты следует формировать с применением следующих методов уплотнения бетонной смеси:

- 1) на виброплощадках и виброустановках с частотой 50 Гц (ОК=1-4 см.);
- 2) поверхностными вибраторами (ОК=1-4 см.);
- 3) глубинными вибраторами (ОК=1-4 см.).

Для уплотнения бетонной смеси в форме используется гидравлическая виброплощадка.

Процесс формирования включает в себя следующие операции: установка формы на гидравлическую виброплощадку с помощью роликовой установки, укладка бетонной смеси в форму, уплотнение бетонной смеси в форме, передача формы на пост заглаживания поверхности, заглаживание поверхности изделия, удаление излишков и наплывов бетонной смеси.

Бетонная смесь из БРУ доставляется к бетоноукладчику и выгружается в бункер. Далее из бетоноукладчика бетонная смесь укладывается в форму.

После формирования изделие направляется в камеру ТО, где проводят термическую обработку изделия в течении 10,5 часов. По достижению 70% проектной прочности бетона форму перемещают на пост распалубки, где распалубливают изделие и проводят передачу напряжения с упоров формы на бетон.

Затем изделие транспортируется на пост кантования. Переворачивают изделие рабочей стороной вверх. Далее изделие перемещают на пост доводки крапом-балкой. Изделие доводят до заводской готовности.

После производится приемка и маркировка готового изделия.

Далее готовое изделие выдерживают в цехе в течение 12 часов. Затем изделие грузят на самоходную тележку и отгружают на склад готовой продукции.

Таким образом, весь технологический процесс делится на 11 рабочих постов:

- 1) Пост чистки, сборки и смазки форм;

- 2) Пост армирования;
- 3) Пост формования;
- 4) Пост заглаживания поверхности изделия;
- 5) Пост ТО;
- 6) Пост распалубки;
- 7) Пост кантования изделия;
- 8) Пост доводки изделия;
- 9) Пост приемки и маркировки;
- 10) Пост складирования изделий в цеху;
- 11) Пост вывоза изделий на склад готовой продукции.

Пост чистки, сборки и смазки форм:

На данном посту производят отчистку формы от остатков бетонной смеси вручную при помощи металлического скребка и щеток. Затем устанавливают борта в рабочее положение, фиксируют и смазывают форму при помощи распылителя смазкой «Полипласт Форм».

Пост армирования:

Армирование изделия производят в три этапа. Сначала устанавливают нижний слой арматурных сеток (С3, С4), монтажные петли и скобы. Затем производят укладку напряженных арматурных стержней в форму. Далее укладывают верхний ряд арматурных сеток (С3 и С4). Все арматурные сетки имеют пластиковые фиксаторы для обеспечения защитного слоя бетона. Связка арматурных изделий производится вручную вязальными проволоками. Электротермическое напряжение арматурных стержней производится на установке СМЖ – 129.

Пост формования изделия:

Перед укладкой бетонной смеси форму выдерживают 14 минут для остывания арматурных стержней. Укладка бетонной смеси в форму производится при помощи бетоноукладчика. Далее бетонную смесь уплотняют на гидравлической виброплощадке.

Пост заглаживания поверхности изделия:

На данном посту производят заглаживание поверхности и удаление излишков бетонной смеси.

Пост тепловой обработки:

После формирования изделие поступает в камеру тепловой обработки. Тепловая обработка длится в течение 10,5 часов до достижения 70% от проектной прочности бетона. Температура в камере не должна превышать 70°C. Относительная влажность в камере должна быть не менее 95%. Все процессы проходят автоматически, под наблюдением одного человека.

Пост распалубки изделия:

По достижению 70% от проектной прочности бетона производят распалубку изделия и передачу напряжения с упоров формы на бетон путем обрезки арматурных стержней газовой горелкой. Далее извлекают изделие из формы.

Пост кантования изделия:

На данном посту производят кантование изделия рабочей (рифлёной) стороной вверх. Далее изделие отправляется на пост складирования.

6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

6.1 Режим работы предприятия

В соответствии с требованиями ОНТП 07-85 принимается:

- количество рабочих суток в году – 352;
- количество рабочих смен в сутки – 2;
- продолжительность рабочей смены – 12 ч.

При проектировании формовочных цехов используют следующие требования ОНТП-07-85:

- запас в формовочном цехе арматурных сеток и других арматурных изделий создается на 4-х часовую потребность;
- усредненная масса арматурных изделий, размещаемых горизонтально на 1 м² площади при хранении в формовочном цехе (с учетом проходов) из стали диаметром: до 12 мм – 0,01т, от 14 до 22 мм – 0,05т, от 25 до 40 мм – 0,15т;
- количество резервных форм на ремонт: индивидуальных 5%, переналаживаемых и групповых 7%;
- площадь для складирования форм и оснастки: на каждые 100 т форм, находящихся в эксплуатации (кроме предприятий крупнопанельного домостроения) – 20 м², для предприятий КПД – 30 м²;
- площадь для текущего ремонта форм на 100 т форм, находящихся в эксплуатации – 30 м², площадь для переоснастки форм предприятий КПД – 100 м²;
- отходы и потери бетонной смеси при ее транспортировании и формовании изделий – 1,5%, в том числе утилизируемые – 1,0%, безвозвратные – 0,5%;
- количество изделий, подвергаемых устранению дефектов от общего количества выпуска – 5%;
- объём некондиционных железобетонных и бетонных изделий, подвергаемых утилизации – 0,7%;
- максимальное количество промежуточных перегрузок бетонной смеси при подаче к постам формования от смесителя до укладки в форму (без учета выгрузки из бетоносмесителя и загрузки в форму) для холодной бетонной смеси

на плотных заполнителях – 3, для холодной бетонной смеси на пористых заполнителях – 2, для разогретой независимо от вида смеси – 2;

– максимальная длительность выдержки бетонных смесей от момента ее выгрузки из смесителя до укладки в форму: тяжелых и легких конструкционных 45 минут, легких конструкционно–тепло–изоляционных 30 минут, предварительно разогретых – 15 минут.

6.2 Технологические расчеты конвейерной линии периодического действия

В настоящее время ФЦ-1, предприятия ООО «Бетотек», оснащен линией циркуляции поддонов. На данной линии можно производить железобетонные изделия длиной до 9,5 метров и шириной до 3,3 метров. Все технологические операции осуществляются на специализированных постах в перемещаемых формах, которые последовательно передвигаются с поста на пост при помощи роликовых установок.

Количество рабочих часов в году составляет:

$$Q=352*2*12=8448 \text{ часов.}$$

Для обеспечения нормальной работы линии необходимо предусмотреть затраты времени на профилактический ремонт оборудования.

$$T_{\text{расч.фонд}}=Q*K_{\text{в}}=8448*0,9=7603,2 \text{ часа,} \quad (1)$$

где $T_{\text{расч.фонд}}$ – расчетный фонд рабочего времени, ч;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент использования оборудования по времени, $K_{\text{в}}=0,9$.

Годовая производительность конвейерной линии периодического действия:

$$P=60*V_{\text{р}}*h*V/r, \quad (2)$$

где $V_{\text{р}}$ – число рабочих дней в году;

h – число рабочих часов в сутки;

V – объем одновременно формуемых изделий, м^3 ;

r – ритм работы конвейера по наиболее загруженному посту, мин.

Расчетный ритм работы конвейерной линии определяют хронометражными измерениями на посту с наибольшей продолжительностью выполнения всех операций с учетом продолжительности перемещения и резервного времени.

$$P=60*352*23*1,46/31=22\ 878\ \text{м}^3/\text{год}.$$

Длина конвейерной линии периодического действия:

$$L_{\text{пк}}=m_1 * l_{\text{ср}} + l_{\text{р}} * (p-1), \quad (3)$$

где m_1 – число постов полуконвейерной линии;

$l_{\text{ср}}$ – средняя длина формы, м;

$l_{\text{р}}$ – длина разрывов, 0,4...1,5 м;

p – число разрывов.

$$L_{\text{пк}}=8*10+1,5*(7-1)=89\ \text{м}.$$

Число форм на линии производства с учетом 5% запаса на ремонт

$$N=1,05*(m_1 + 60S/r), \quad (4)$$

где S – продолжительность тепловой обработки изделия, ч;

m – число постов конвейера.

$$N=1,05*(5+60*10,5/31)=27\ \text{шт}.$$

Необходимое число отсеков в тепловой камере:

$$M_{\text{к}} = 60 * h * T_{\text{к}} / 24 t_{\text{и}} * m = 60 * 24 * 12 / 24 * 31 * 1 = 24\ \text{шт}, \quad (5)$$

где m – число размещаемых форм с изделиями в одной камере;

$T_{\text{к}}$ – средняя продолжительность одного оборота камеры, час.

$T_{\text{к}}$ определяется по циклу загрузки камеры ($t_{\text{к}}$) и продолжительности тепловой обработки (S).

Цикл загрузки определяется:

при загрузке с одного формовочного поста: $t_{\text{к}} = t_{\text{и}} * m = 31 * 1 = 31$ мин.,

Определяем для $t_{\text{к}} = 31$ мин и продолжительность тепловой обработки 10,5 часов, $T_{\text{к}} = 12$ ч.

Пропускная способность камеры тепловой обработки:

$$P=C_1 * V_2 * K_1 * V_{\text{р}}, \quad (6)$$

где C_1 – число оборотов камеры в сутки;

V_2 – объём одной камеры тепловой обработки, m^3 ;

K_1 – коэффициент загрузки камеры твердения.

$$K_1 = m q_i / V_2, \quad (7)$$

где q_i – объём одного i -го изделия, m^3 .

Подсчитаем объём камеры:

Принимаем зазоры между формой и стенкой камеры 0,15 м, борта формы 0,05 м, зазор между формой и полом 0,1 м, между формой и потолком 0,1 м, высота поддона формы 0,2 м.

$$K_1 = 1 * 1,46 / 14,58 = 0,1$$

$$П = 2 * 14,58 * 0,1 * 352 = 1026 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$C_1 = 24 / T_k$$

$$C_1 = 24 / 12 = 2 \text{ оборота}$$

Съём продукции с 1 m^3 объёма камеры в год:

$$C_2 = C_1 * K_1 * V_p$$

$$C_2 = 2 * 0,1 * 352 = 70,4 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

6.3 Обоснование режима тепловой обработки

Выбор режима тепловой обработки осуществляется с учетом требований СП130.13330.2018.

Параметрами режима ТО является длительность и температура отдельных его этапов: подъем температуры и изотермическая выдержка.

Твердение бетона значительно ускоряется при повышении температуры окружающей среды. При этом высокая температура должна сочетаться с достаточной влажностью бетона и окружающей среды для нормальной гидратации цемента.

Во избежание влагопотерь с изделия при тепловой обработке обязательным является обеспечения влажности среды не менее 95% или защита открытых поверхностей изделий влагонепроницаемыми материалами.

Температура и длительность изотермического прогрева следует назначать с учетом вида бетона и толщины изделия. При пропаривании изделий с использованием портландцемента температура разогрева не должна превышать 70°C.

Скорость охлаждения камер после изотермического прогрева не должна превышать 30°C/ч.

Формовочный цех оборудован многоярусной щелевой тепловой камерой. Камера имеет 3 секции, в каждой секции размещается по 10 паллет с изделиями. Загрузка паллет осуществляется при помощи портального подъемника. Камера тепловой обработки работает непрерывно.

Между секциями проведены трубопроводы, по которым циркулирует горячая вода. При этом температура в камере поддерживается на уровне 55°C. Влажность в камере поддерживается за счет воды, испаряющейся с поверхности изделий и при помощи распылителей воды, которые подключены к водоканалу.

Режим тепловой обработки для изделия из тяжелого бетона с классом прочности В30 и толщиной 140 мм составляет 10,5 часов.

- подъем температуры изделия с 20 °С до 55 °С 2 часа;
- изотермическая выдержка 7,5 часа с температурой 55 °С;
- остывание изделия 1 час.

6.4 Определение числа работающих

В состав производственной бригады технологической линии входят рабочие, непосредственно выполняющие технологические операции, а также машины и операторы всех видов технологического оборудования.

Профессии рабочих и их тарифные разряды приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Состав производственной бригады

Технологический пост, операция	Наименование профессии	Количество человек	Разряд
Пост чистки, сборки и смазки форм			
Чистка	Бетонщик	1	3
Закрытие бортов			
Смазка формы			

Продолжение таблицы 10

Технологический пост, операция	Наименование профессии	Количество человек	Разряд
Пост армирования			
Укладка нижнего слоя арматурных сеток, укладка верхнего слоя арматурных сеток	Арматурщик	2	3
Установка петель, скоб и спиралей			
Установка нагретой стержневой арматуры			
Электронагрев арматурных стержней	Оператор установки СМЖ-129	1	4
Пост формования			
Укладка бетонной смеси	Оператор бетоноукладчика	1	4
	Бетонщик	1	3
Уплотнение бетонной смеси	Оператор виброустановки	1	4
Пост заглаживания поверхности изделия			
Заглаживание поверхности	Бетонщик	2	3
Удаление наплывов бетонной смеси			
Пост тепловой обработки			
Тепловая обработка	Оператор камеры ТО	1	4
Подъемник	Оператор подъемника	1	3
Пост распалубки			
Обрезка арматурных стержней (передача напряжения на бетон)	Арматурщик	1	4
Раскрытие бортов			
Пост кантования			
Кантование	Оператор кантователя	1	3
Пост доводки изделия			
Доводка изделия	Бетонщик	1	3

Окончание таблицы 10

Технологический пост, операция	Наименование профессии	Количество человек	Разряд
Пост приемки и маркировки			
Приемка	Инженер ОТК	1	4
Маркировка			
Пост складирования изделия			
Складирование	Такелажник	1	4
Пост вывоза изделия на склад			
Погрузка изделия на вывозную тележку	Такелажник	1	4
Отправка изделия на склад	Оператор вывозной тележки	1	3
Кран-балка			
Кран-балка	Машинист крана	2	4

Выработка в год на одного рабочего (м³/чел):

$$B = P/b = 22\,878/20 = 1\,144 \text{ м}^3/\text{чел.}, \quad (8)$$

где P – годовая производительность линии, м³;

b – суточное число рабочих в бригаде.

Средний тарифный разряд рабочих бригады определяется как средне взвешенная величина тарифных разрядов членов бригады:

$$T_p = \sum b_i \cdot r_i / \sum b_i = (10 \cdot 4 + 10 \cdot 3) / 20 = 3,5, \quad (9)$$

где b_i – число рабочих i – того разряда;

r_i – величина i – того разряда.

Затраты труда (трудоемкость) на единицу изготавливаемой продукции в чел.*час/м³ устанавливаются исходя из состава производственной бригады:

$$r = R \cdot c \cdot h / P \cdot n_c = 20 \cdot 352 \cdot 23 / 22878 \cdot 2 = 2,35 \text{ чел.} \cdot \text{час} / \text{м}^3, \quad (10)$$

где R – явочное число рабочих в бригаде в сутки, чел,

c – число рабочих суток в году;

h – число рабочих часов в сутки;

P – годовая производительность, м³;

n_c – число смен в сутки.

Полная заработная плата на 1 м³ изделий с учетом дополнительной зарплаты в размере 10 % от основной, отчисления на социальное страхование – 6,1 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, коэффициента 1,2, учитывающего премии за выполнение плана, и коэффициента 1,331, учитывающего налоги на заработную плату, составляет:

$$\begin{aligned} Z &= r \cdot \phi \cdot 1,1 \cdot 1,061 \cdot 1,2 \cdot 1,331 = 1,864 \cdot r \cdot \phi \\ &= 1,864 \cdot 2,35 \cdot 67,46 = 295,5 \text{ руб./м}^3, \end{aligned} \quad (11)$$

где ϕ – часовая ставка рабочего-сдельщика среднего тарифного разряда, руб.

7 ВЫБОР СЫРЬЯ И ПОЛУФАБРИКАТОВ

7.1 Требования к бетону

Железобетонные дорожные плиты следует изготавливать из тяжелого бетона средней плотности более 2300 до 2500 кг/м³ включительно классов по прочности на сжатие и марок по прочности на растяжение при изгибе, указанных в ГОСТ 21924.1-84. Класс бетона по прочности на сжатие не ниже В30. Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе не менее B_{tb} 3,6.

Характеристики и качество бетона должны удовлетворять требованиям указанных в ГОСТ 26633-2015.

Значение нормируемой отпускной прочности бетона следует принимать равным 70% класса бетона по прочности на сжатие и марки бетона по прочности на растяжение при изгибе. При поставке плит в холодный период года значение нормируемой отпускной прочности бетона может быть повышено, но не более 90% класса по прочности на сжатие и марки по прочности на растяжение при изгибе.

Передача усилий обжатия на бетон (отпуск натяжения арматуры) должна производиться после достижения бетоном требуемой передаточной прочности.

Марка бетона по морозостойкости и водонепроницаемости принимаются для плит, предназначенных для постоянных дорог в районах со среднемесячной расчетной температурой наиболее холодного месяца ниже минус 15 °С – F₂₀₀ и W4 соответственно.

Бетон дорожных плит не должен иметь водопоглощение более 5% по массе.

Бетонная смесь для изготовления дорожных плит должна иметь водоцементное отношение не более 0,45.

Количество вовлеченного воздуха не более от 5 до 7%.

7.2 Цемент

В соответствии с проектными требованиями к бетону по прочности выбираем бездобавочный портландцемент ЦЕМ I 32,5 Н. Содержание в цементе трехкальциевого алюмината не должно превышать 8% по массе.

Начало схватывания цемента не ранее 45 мин., конец схватывания не позднее 12 ч. От начала затворения цемента водой.

Тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы через сито 0,08 мм. проходило не менее 85% от массы. Удельная поверхность цемента от 2800 до 3200 см²/гр.

Качество цемента должно удовлетворять требованиям указанных в ГОСТ 30515-2013.

7.3 Мелкий заполнитель

Мелким заполнителем для бетона является кварцевый песок, соответствующий требованиям указанных в ГОСТ 8736-2014. Объемная масса песка 1,56 г/см³.

Применяемый песок по гранулометрическому составу и количеству примесей должен удовлетворять требованиям ГОСТ 26633-2015. Полный остаток на контрольных ситах в % по массе представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Полный остаток на контрольных ситах в % по массе

Размер сита, мм.	Полный остаток, %
5,0	0
2,5	20
1,25	15...45
0,63	35...70
0,315	70...90
0,14	80...100

Проход песка через сито 0,14 мм. не должно превышать 10% по массе. Модуль крупности песка 2,2. Истинная плотность песка 2650 кг/м³.

Содержание в песке частиц пыли, илистых и глинистых частиц не должно превышать 5% по массе. Наличие в песке щебня и гравия размерами более 10 мм. не допускается.

Количество примесей в песке регулируется требованиями ГОСТ 8267-93.

7.4 Крупный заполнитель

В качестве крупного заполнителя бетона используется щебень, крупность зерен которого не должен превышать 20 мм. Характеристики применяемого щебня должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8267-93.

Истинная плотность щебня 2610 кг/м³. Плотность щебня 1480 кг/м³.

7.5 Вода

Вода, применяемая для затворения бетонной смеси, должна удовлетворять требованиям указанных в ГОСТ 23732-2011.

7.6 Добавка суперпластификатор

В качестве пластифицирующей добавки бетонной смеси применяется «Суперпласт С-3». Количество добавки в бетонной смеси не должно превышать 0,5% от массы цемента.

Пластифицирующая добавка должна отвечать требованиям ГОСТ 24211-2008.

7.7 Арматурная сталь

В качестве напрягаемой арматурной стали в производстве дорожных плит применяется стержневая горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-IV диаметром 12 мм. Стержневая арматурная сталь класса А-IV должна удовлетворять требованиям ГОСТ 5781-82.

В качестве ненапрягаемой арматурной стали в производстве дорожных плит применяется:

- арматурная проволока класса Вр-I диаметром 3 и 5 мм;
- стержневая арматурная сталь класса А-III диаметром 8 мм;
- стержневая арматурная сталь класса А-I диаметром 10, 16 и 20 мм.

Арматурная проволока класса Вр-I должна отвечать требованиям ГОСТ 6727-80.

Стержневая арматурная сталь класса А-I и А-III должна удовлетворять требованиям ГОСТ 5781-82.

Значение напряжения продольной стержневой арматуры в дорожной плите 1П60.18-30AIV составляет 500 МПа (5100 кг/см²). Предельные отклонения напряжений не должны превышать при натяжении электротермическим способом 88,2 МПа (900 кг/см²).

Арматурные изделия должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10922-2012.

7.8 Расчет состава сырья бетонной смеси

Исходные данные для расчета сырьевой части бетона:

- класс бетона по прочности на сжатие В30;
- активность портландцемента – 400;
- содержание трехкальциевого алюмината не более 8%;
- насыпная плотность портландцемента 1,1 г/см³;
- истинная плотность портландцемента 3,1 г/см³;
- наибольшая крупность щебня – 20 мм;
- насыпная плотность щебня - 1,48 г/см³;
- истинная плотность щебня - 2,61 г/см³;
- влажность щебня – 3%;
- крупность песка средняя,
- насыпная плотность песка – 1,56 г/см³;
- истинная плотность песка – 2,65 г/см³;
- влажность песка – 5%;

- содержание добавка «Суперпласт С-3» – 0,5% от массы цемента;
- подвижность бетонной смеси – П2.

Расход сырьевых компонентов для производства 1 м³ бетонной смеси представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расход сырьевых компонентов для производства 1 м³ бетонной смеси

Наименование	Размерность	Величина
Расход воды с учетом влажности заполнителя	кг	111,4
Общее количество воды	кг	176,2
Расход цемента	кг	406,3
Расход добавки «Суперпласт С-3»	кг	2,04
Расход щебня	кг	1286,9
Расход песка	кг	541,5
Средняя плотность бетонной смеси	кг/м ³	2413
Водоцементное отношение	-	0,43

Потребность сырьевых материалов представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Потребность сырьевых материалов

Наименование	Размерность	Расход			
		в час	в смену	в сутки	в год
Вода	т	0,315	3,78	7,56	2 661,12
Цемент	т	1,148	13,776	27,552	9 698,304
Щебень	т	3,637	43,644	87,288	30 725,376
Песок	т	1,53	18,36	36,72	12 925,44
«Суперпласт С-3»	т	0,0058	0,0696	0,1392	48,998

7.9 Расчет напряжения стержневой арматуры

Исходные данные для расчета степени напряжения арматурных стержней:

- длина изделия $L_{и} = 6000$ мм;

- напрягаемая арматура диаметром $d = 12$ мм. из стали класса AIV марки 20ХГ2Ц;
- предварительное напряжение арматурных стержней $\sigma_0 = 5100$ кг/см²;
- предельное отклонение напряжения арматурных стержней $P = 900$ кг/см²;
- температура нагрева арматурных стержней – 500 °С;
- начальный модуль упругости стали $E_a = 1,9 \cdot 10^6$.

Наибольшее допустимое предварительное напряжение арматурных стержней рассчитывается по формуле:

$$\sigma_0^B = \sigma_0 + P, \quad (12)$$

где σ_0 – предварительное напряжение арматурных стержней $\sigma_0 = 5100$ кг/см²;

P – предельное отклонение напряжения арматурных стержней $P = 900$ кг/см².

$$\sigma_0^B = 5100 + 900 = 6000 \text{ кг/см}^2$$

Расстояние между упорами рассчитывается по формуле:

$$l_y = l_{и} + 2l_{уп}, \quad (13)$$

где $l_{и}$ – длина изделия, $l_{и} = 6000$ мм;

$l_{уп}$ – расстояние между изделием и упором, $l_{уп} = 200$ мм.

$$l_y = 6000 + 2 \cdot 200 = 6400 \text{ мм.}$$

Допустимое предельное отклонение расстояния между упорами форм равна 2 мм.

$$l_y = (6400 - 2) \text{ мм.}$$

Определение технологических параметров при организации изготовления изделий.

Расчетное удлинение арматурных стержней рассчитываются по формуле:

$$\Delta L_0 = \frac{(k \cdot \sigma_0 + P) \cdot l_y}{E_{н.а.}}, \quad (14)$$

где k – поправочный коэффициент для арматуры класса AIV, марки 20ХГ2Ц, $k = 1,1$;

E_a^H – начальный модуль упругости стали $E_a^H = 1,9 \cdot 10^6$.

$$\Delta L_0 = ((1,1 \cdot 5100 + 900) \cdot 6400) / (1,9 \cdot 10^6) = 22 \text{ мм.}$$

Длина заготовки арматурных стержней рассчитывается по формуле:

$$L_3 = L_y - \Delta L_c - \Delta L_\phi - \Delta L_0, \quad (15)$$

где ΔL_ϕ – продольная деформация формы поддона, $\Delta L_\phi = 1$ мм;

ΔL_c – величина смятия упоров, определяется по формуле:

$$\Delta L_c = 2 \cdot m \cdot \sigma_0, \quad (16)$$

где m – величина деформации высаженной головки, $m = 3,0 \cdot 10^{-2}$ мм³/кг.

$$\Delta L_c = 2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot 60 = 4 \text{ мм.}$$

$$L_3 = 6400 - 4 - 1 - 22 = 6373 \text{ мм.}$$

Длину стержня определяем по формуле:

$$L_0 = L_3 + 2a, \quad (17)$$

где a в случае высаженных головок составляет 35 мм.

$$L_0 = 6373 + 70 = 6443 \text{ мм.}$$

Проверка температуры нагрева

Принимаем расстояние между контактами 6000 мм. Температура нагрева для арматурных стержней класса AIV составляет 500 °С.

Для обеспечения свободной укладки напрягаемой арматуры в упоры форм величина полного удлинения арматуры ΔL_p должна приниматься равной или меньше удлинения арматуры в результате нагрева ее до заданной температуры ΔL_t , которая вычисляется по формуле:

$$\Delta L_t = (t_p - t_0) \cdot l_k \cdot \alpha, \quad (18)$$

где t_p – значение температуры нагрева в °С, $t_p = 500$ °С;

t_0 – температура окружающей среды в °С, $t_0 = 20$ °С;

l_k – расстояние между токопроводящими контактами, $l_k = 6000$ мм;

α – коэффициент линейного расширения стали, $\alpha = 14,5 \cdot 10^{-6}$ °С.

$$\Delta L_t = (500 - 20) \cdot 6000 \cdot 14,5 \cdot 10^{-6} = 42 \text{ мм.}$$

Величину полного удлинения арматуры определяется по формуле:

$$\Delta L_{\Pi} = \Delta L_0 + \Delta L_c + \Delta L_{\phi} + C_t, \quad (19)$$

где C_t – дополнительное удлинение, обеспечивающее свободную укладку арматурного стержня в упоры, $C_t = 3$ мм.

$$\Delta L_{\Pi} = 22+4+1+3 = 30 \text{ мм.}$$

$$\Delta L_t > \Delta L_{\Pi}$$

8 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Технологическое оборудование, применяемое на технологической линии для производства предварительно напряженных дорожных плит 1П60.18-30AIV:

1. Бетоноукладчик.

Бетоноукладчик Elematic Comcaster E2350 предназначен для дозирования бетонной смеси в форму. Укладка бетонной смеси выполняется наливом. Литьевое отверстие опускается до уровня укладочной поверхности. Укладка производится путем передвижения моста и литьевой вагонетки.

Требуемая часовая производительность бетоноукладчика:

$$N_b = V_{и} * Z_{и} * K_p * K_b / t_{ц} = 1,46 * 1 * 1,1 * 0,9 / 0,5 = 2,9 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (20)$$

где $V_{и}$ – объём одного формуемого изделия, м^3 ;

$Z_{и}$ – количество одновременно формуемых изделий;

K_p – коэффициент разрыхления смеси, 1,1...1,15;

K_b – коэффициент использования во времени, 0,8...0,9;

$t_{ц}$ – цикл формования, час.

Преимущества данного бетоноукладчика:

- высокая скорость подачи бетонной смеси – до 2000 л/мин;
- пониженный уровень шума;
- возможность работать с любым видом бетонной смеси;
- точность дозирования;
- экономия времени на чистку за счет минимальных остатков бетонной смеси в бункере бетоноукладчика;

Технические характеристики бетоноукладчика:

- объём бункера – 2 м^3 ;
- мощность – 16 кВт;
- рабочее напряжение – 400 В 50 Гц;
- скорость подачи бетонной смеси – 2000 л/мин;
- габаритные размеры, мм: длина – 8000 мм, ширина – 3600 мм, высота – 4400 мм.

Общий вид бетоноукладчика Elematic Comcaster E2350 представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Общий вид бетоноукладчика Elematic Comcaster E2350

2. Бадья адресной подачи бетонной смеси.

Бадья предназначена для подачи бетонной смеси с БРУ к бетоноукладчику. Доставка осуществляется по подвесным рельсовым путям.

Преимущества данной доставки:

- полностью автоматизированный процесс;
- скорость передвижения бадьи до 180 м/мин;
- возможность прокладки подвесного пути по склонам;

Технические характеристики бадьи адресной подачи:

- объем бадьи – 4 м³;
- мощность – 7,5 кВт;
- скорость передвижения 180 м/мин;
- габаритные размеры, мм: длина – 3000 мм, ширина – 1510 мм, высота – 1600 мм.

3. Виброустановка.

Гидравлическая виброустановка расположена на посту бетонирования. Предназначена для уплотнения бетонной смеси в форме посредством вибрации. Подача осуществляется с помощью подъемных рам на роликовом транспортере. На подъемной раме форму опускают на вибростойку. Направляющие плиты вибростойки удерживают форму на месте во время уплотнения. На каждой вибростойке расположены два виброцилиндра. Подъем и опускание осуществляется с помощью гидравлических цилиндров.

Технические характеристики виброустановки:

- уплотняемая масса 22 т;
- частота вибрации 50...160 1/мин;
- длина хода вибрационного цилиндра 5 мм;
- мощность 27 кВт;
- рабочее напряжения 380 В 50 Гц;
- напряжение 24 В пост. тока;
- габаритные размеры, мм: длина – 9960 мм, ширина – 3460 мм, высота – 790 мм.

4. Установки для изготовления арматурных сеток С3 и С4.

СМЖ-286Б для производства арматурных сеток С3 и МТМ-160 для производства арматурных сеток С4.

Установка СМЖ-286Б предназначена для вертикальной сварки арматурных сеток и каркасов.

Технические характеристики установки СМЖ-286Б:

- масса установки 5,6 т;
- суммарная мощность 247,6 кВт;
- рабочее напряжения 380 В 50 Гц;
- номинальный сварочный ток 12,5 кА;
- наибольшее усилие сжатия электродов 2000 даН;
- габаритные размеры, мм: длина – 8100 мм, ширина – 7100 мм, высота – 4600 мм.

Общий вид установки СМЖ-286Б представлен на рисунке 10.

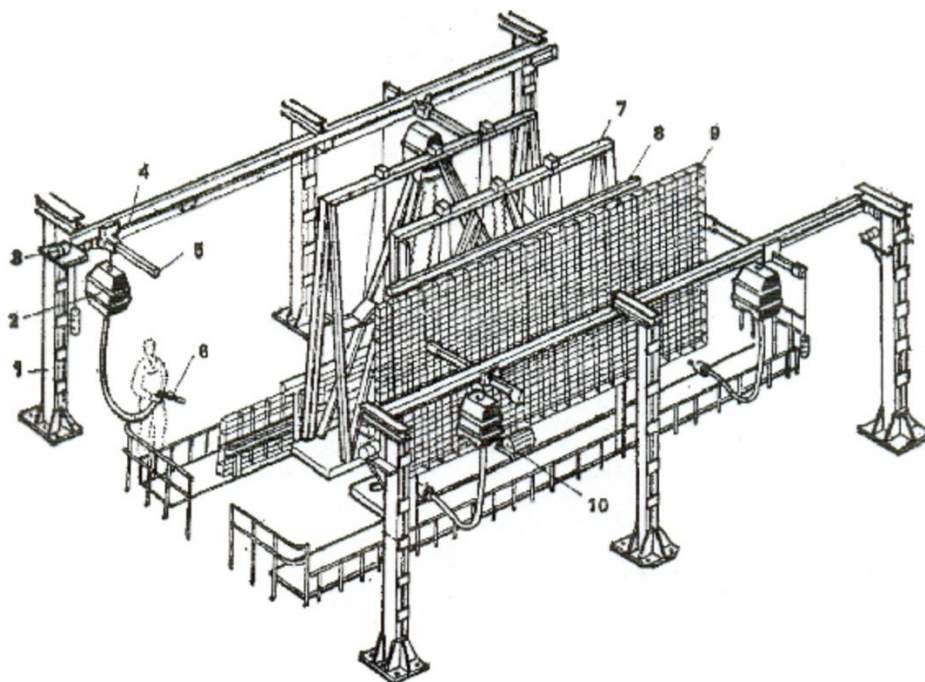


Рисунок 10 – Общий вид установки СМЖ-286Б

1 – колонна; 2 – трансформатор подвесной сварочной машины; 3 – привод перемещения сварочной машины по монорельсу; 4 – монорельс; 5 – поворотная консоль; 6 – клещи; 7 – рама; 8 – подвижная площадка с кондуктором; 9 – арматурная сетка; 10 – привод механизма подъема площадки.

Машина контактной сварки МТМ-160 предназначена для электрической контактной точечной сварки арматурных сеток шириной до 3800 мм.

Технические характеристики установки МТМ-160:

- напряжение трехфазной питающей сети частотой 50 Гц 380 В;
- номинальная потребляемая мощность при сварке 260 кВт;
- номинальный сварочный ток 12,5 кА;
- наибольшее усилие сжатия электродов 2000 даН;
- масса – 5,8 т;
- габаритные размеры, мм: длина – 8970 мм, ширина – 4910 мм, высота – 1800 мм.

Общий вид установки МТМ-160 представлен на рисунке 11.

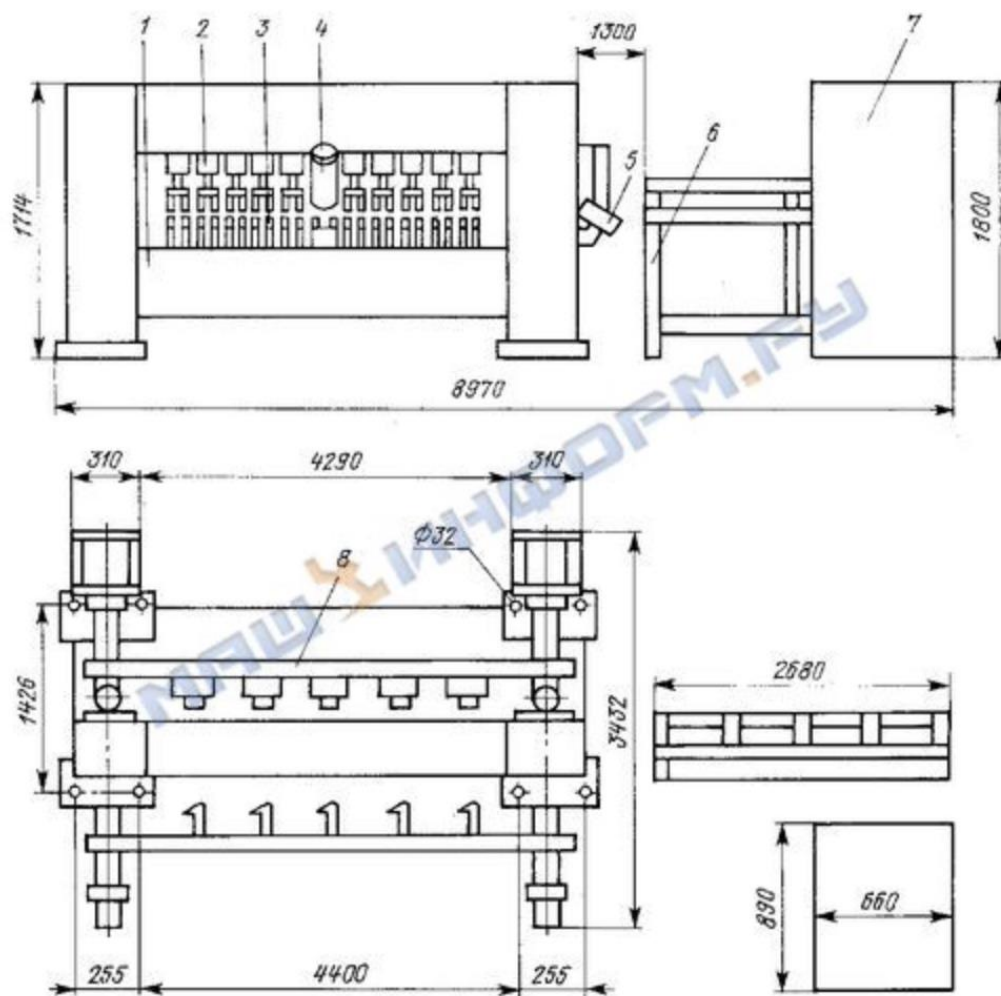


Рисунок 11 – Общий вид установки МТМ-160

5. Установка для изготовления гнутых элементов.

Установка СГА-55 предназначена для изготовления монтажных петель П2 и монтажных скоб Ск1 методом холодной гибки.

Технические характеристики установки СГА-55:

- номинальное напряжение сети 380 В;
- частота тока 50 Гц;
- потребляемая мощность 4 кВт;
- масса 0,7 т;
- габаритные размеры, мм: длина – 1400 мм, ширина – 940 мм, высота – 890 мм.

Общий вид установки СГА-55 представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – общий вид установки СГА-55

6. Установка для изготовления спиралей.

Спираленавивочный станок СМЖ-164 предназначен для получения спиралей нужного сечения проволоки 4ВР-1 (3,4 или 5 мм). Изменение сечения спирали производится за счет смены оправок.

Технические характеристики установки СМЖ-164:

- материал спирали – проволока Вр-1;
- диаметр проволоки – 3-5 мм;
- количество витков спирали – 54 – 60 шт.;
- потребляемая мощность – 3 кВт;
- номинальное напряжение сети 380 В;
- частота тока 50 Гц;
- вес – 0,42 т;
- габаритные размеры, мм: длина –: 2021 мм, ширина – 1369 мм, высота – 1010 мм.

Общий вид установки СМЖ-164 представлен на рисунке 13.

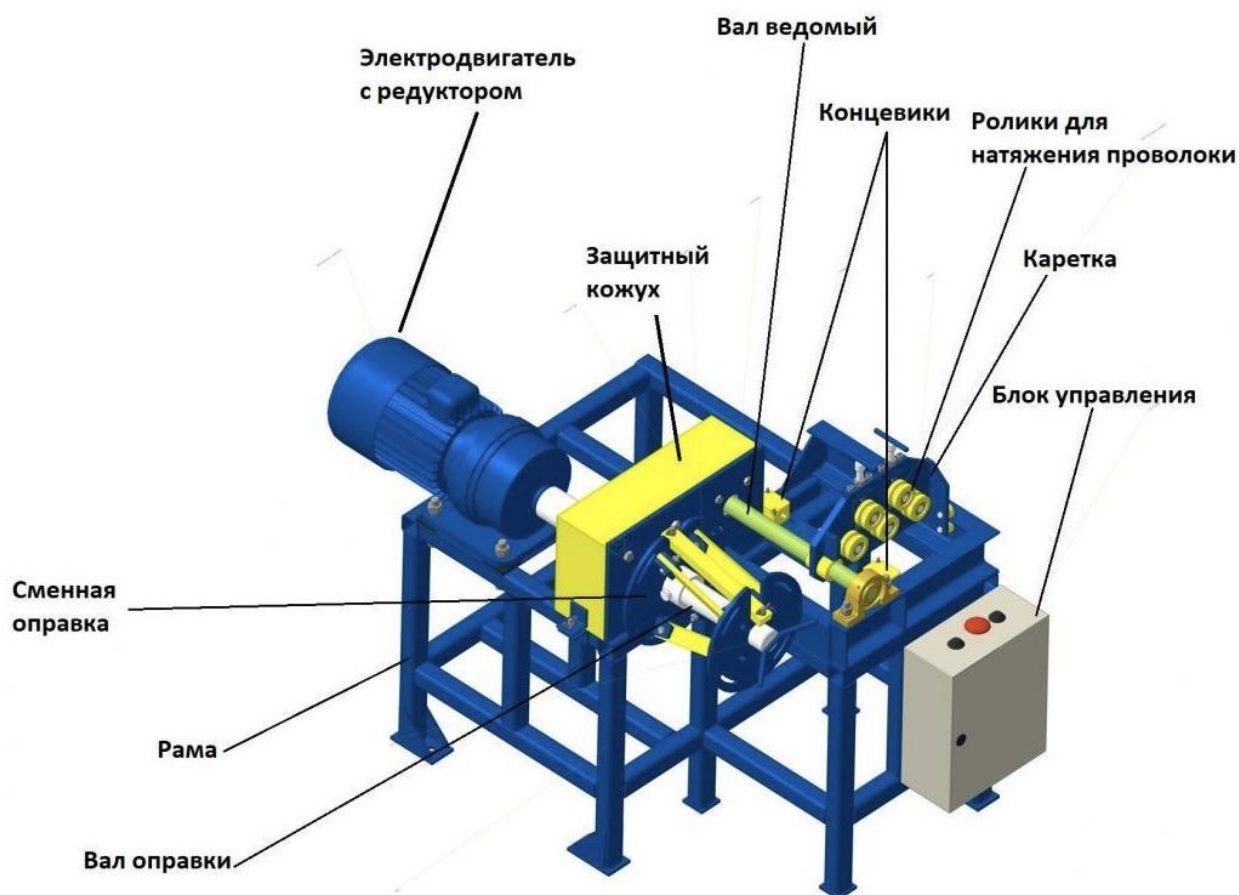


Рисунок 13 – Общий вид установки СМЖ-164

7. Установка для электротермического напряжения арматуры.

Установка СМЖ-129 используется для удлинения арматурных стержней периодического профиля электротермическим методом.

Технические характеристики установки СМЖ-129:

- номинальное напряжение питающей сети 380 В;
- частота тока питающей сети 50 Гц;
- диаметр арматурных стержней 10-25 мм;
- длина стержней 5630-7620 мм;
- мощность 80 кВт;
- количество одновременно удлиняемых стержней – 2 шт.;
- температура нагрева стержней 500 С;
- скорость нагрева стержней (L=6300 мм, d=12 мм.) до 500 С – 2 минуты;
- метод контроля температуры нагрева – по удлинению;

- масса – 1,2 т;
- габаритные размеры, мм: длина – 6450 мм, ширина – 1300 мм, высота – 1520 мм.

Общий вид установки СМЖ-129 представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Общий вид установки СМЖ-129

8. Установка для высадки анкерных головок на арматурных стержнях.

Установка СМЖ-128Б предназначена для высадки анкерных головок с предварительным нагревом осаживаемых концов арматурных стержней.

Технические характеристики установки СМЖ-128Б:

- номинальное напряжение питающей сети 380 В;
- частота тока питающей сети 50 Гц;
- диаметр арматурных стержней 10-25 мм;
- длина стержней 5630-7620 мм;
- мощность 150 кВт;
- производительность 80 шт/ч;
- усилие высадки – 53 кН;

- расход воды для охлаждения – 800 л/ч;
- масса – 2,4 т;
- габаритные размеры, мм: длина – 9600 мм, ширина – 1800 мм, высота – 1250 мм.

Общий вид установки СМЖ-128Б представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Общий вид установки СМЖ-128Б

9. Установка для резки арматурной стали.

Станок СМЖ-175 применяется для резки всех классов арматуры. Возможна резка нескольких прутков одновременно, при условии не превышении размера общего диаметра 55 мм.

Технические характеристики установки СМЖ-175:

- номинальное напряжение питающей сети 380 В;
- частота тока питающей сети 50 Гц;
- рабочее усилие на ножах 760 кН;
- мощность 5,5 кВт;
- частота хода ножей при непрерывном ходе 40 ход/мин;
- частота хода ножей при одиночном ходе 4 ход/мин;
- масса – 0,75 т;

– габаритные размеры, мм: длина – 1300 мм, ширина – 730 мм, высота – 980 мм.

Общий вид установки СМЖ-175 представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Общий вид установки СМЖ-175

10. Подъемное устройство.

Подъемное устройство предназначено для перемещения форм в камеру тепловой обработки. Подъемное устройство изготовлено из профильной стали и стального листа. Оно состоит из каркаса, подъемной рамы канатного подъемника. Вертикальное движение подъемной рамы осуществляется с помощью канатного подъемника. В подъемной раме предусмотрено два электрических привода и электрический ограничитель, который обеспечивает точное позиционирование подъемной рамы в вертикальном направлении.

Технические характеристики подъемника:

- грузоподъемность 22 т;
- размер формы 3,5х10 м;
- скорость подъема / опускания 0,067/0,1 м/сек;
- скорость передвижения 0,033-0,33 м/сек;
- номинальное напряжение питающей сети 380 В;

- частота тока питающей сети 50 Гц;
- мощность 40 кВт;
- масса – 21,8 т;
- габаритные размеры, мм: длина – 10600 мм, ширина – 5800 мм, высота – 11100 мм.

11. Кран-балка.

Для обслуживания цеха №1 используются два крана-балки грузоподъемностью 10 т. Данные краны предназначены для перемещений изделий, форм и арматурных изделий.

Технические характеристики крана:

- грузоподъемность 10 т;
- максимальная скорость передвижения 80 м/мин;
- скорость подъема крюка 24 м/мин;
- скорость передвижения грузовой тележки 48 м/мин;
- номинальное напряжение питающей сети 380 В;
- частота тока питающей сети 50 Гц;
- суммарная номинальная мощность электродвигателей, установленных на кране 100 кВт;
- масса – 10,2 т;
- габаритные размеры, мм: длина – 23500 мм, ширина – 2000 мм, высота – 700 мм.

Общий вид крана-балки представлен на рисунке 17.

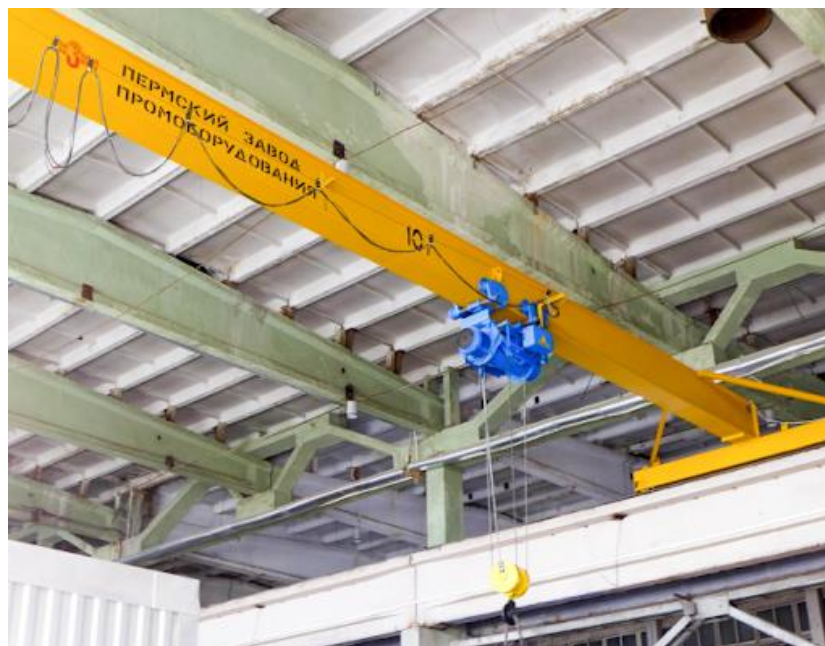


Рисунок 17 – Общий вид крана-балки

12. Траверса.

Траверса предназначена для подъема и перемещения грузов различного характера при помощи концевых элементов или грузозахватных приспособлений.

Технические характеристики траверсы:

- грузоподъемность 7 т;
- масса – 0,8 т;
- габаритные размеры, мм: длина – 5500 мм, ширина – 2100 мм, высота – 600 мм.

Общий вид траверсы представлен на рисунке 18.



Рисунок 18 – Общий вид траверсы

13. Кантовочная установка.

Кантовочная установка предназначена для кантования готового изделия рабочей поверхностью вверх. Угол поворота кантователя составляет 180° .

Последовательность выполнения операций:

- 1) закрепление плиты за монтажные петли;
- 2) укладка с помощью подъемного крана на раму кантователя;
- 3) фиксация зажимов кантователя;
- 4) включение привода – переворот плиты;
- 5) закрепление плиты в новом положении за монтажные петли;
- 6) перенос плиты на место складирования рифленой стороной вверх.

Технические характеристики кантователя:

- угол поворота – 180° ;
- мощность – 3 кВт;
- номинальное напряжение питающей сети 380 В;
- частота тока питающей сети 50 Гц;
- время оборота – 7 сек;
- масса – 3 т;
- габаритные размеры, мм: длина – 7000 мм, ширина – 2200 мм, высота – 1800 мм.

Общий вид кантователя представлен на рисунке 19.



Рисунок 19 – Кантователь

14. Вывозная тележка.

Вывозная тележка СМЖ-151 предназначена для вывоза готовых железобетонных изделий из производственного цеха на наружный склад. Перемещение тележки осуществляется по рельсам. На вывозную тележку допускается загружать не более 20 т. изделий, которые должны располагаться равномерно по всей поверхности.

Технические характеристики вывозной тележки:

- грузоподъемность 20 т;
- скорость передвижения 30 м/мин;
- длина питающего кабеля телеги 100 м;
- мощность электродвигателя 6,7 кВт;
- номинальное напряжение питающей сети 380 В;
- частота тока питающей сети 50 Гц;
- габаритные размеры, мм: длина – 6700 мм, ширина – 2400 мм, высота – 900 мм.

Общий вид вывозной тележки представлен на рисунке 20.

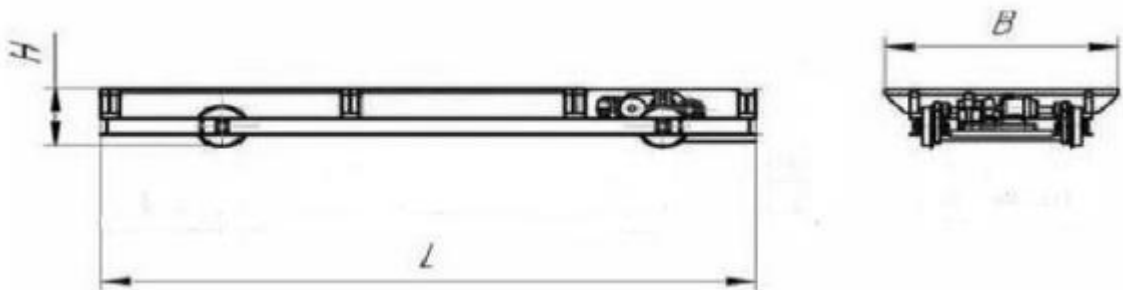


Рисунок 20 – Вывозная тележка

15. Козловой кран.

Для обслуживания склада готовой продукции на улице используется козловой кран грузоподъемностью 30 т.

Технические характеристики козлового крана:

- грузоподъемность 30 т;
- максимальная скорость передвижения 38 м/мин;
- скорость подъема крюка 7 м/мин;

- скорость передвижения грузовой тележки 25 м/мин;
- мощность 115 кВт;
- масса – 47900 т;
- габаритные размеры, мм: длина – 38200 мм, ширина – 7500 мм, высота – 16000 мм.

Общий вид козлового крана представлен на рисунке 21.



Рисунок 21 – Общий вид козлового крана

16. Распылитель смазки.

Для равномерного, экономичного нанесения смазки на опалубку используется распылитель.

Технические характеристики распылителя:

- максимальный объем 10 л;
- максимальное рабочее давление 6 бар;
- рабочий температурный диапазон, 0...+50°C;
- конус распыления 55°;
- максимальная производительность 2,33 л/мин.

Сводная ведомость технологического оборудования приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Сводная ведомость технологического оборудования.

Наименование оборудования	Марка, тип	Кол-во, шт.	Габаритные размеры, мм.	Мощность ед., кВт	Мощность общая, кВт
1 Бетоноукладчик	Elematic Comcaster E2350	1	8000x3600x4400	16	16
2 Бадья адресной подачи бетонной смеси	БАП-4	1	8000x3600x4400	7,5	7,5
3 Виброустановка	ВП-22	1	9960x3460x790	27	27
4 Установки для изготовления арматурных сеток С3	СМЖ-286Б	1	8100x7100x4600	247,6	247,6
5 Установки для изготовления арматурных сеток С4	МТМ-160	1	8970x4910x1800	260	260
6 Установка для изготовления гнутых элементов	СГА-55	1	1400x940x890	4	4
7 Установка для изготовления спиралей	СМЖ-164	1	2021x1369x1010	3	3
8 Установка для электротермического напряжения арматуры	СМЖ-129	1	7200x800x1200	80	80
9 Установка для высадки анкерных головок на арматурных стержнях	СМЖ-128Б	1	9600x1800x1250	150	150
10 Установка для резки арматурной стали	СМЖ-175	1	1300x730x980	5,5	5,5

Окончание таблицы 14

Наименование оборудования	Марка, тип	Кол-во, шт.	Габаритные размеры, мм.	Мощность ед., кВт	Мощность общая, кВт
11 Подъемное устройство	ПУ-22	1	10600x5800x11100	40	40
12 Кран-балка	КБ-10	2	23500x2000x700	100	200
13 Траверса	Т	2	5500x2100x600	-	-
14 Кантовочная установка	КУ-180	1	7000x2200x1800	3	3
15 Вывозная тележка	СМЖ-151	1	6700x2400x900	6,7	6,7
16 Козловой кран	КЗК-30	1	38200x7500x16000	115	115
17 Распылитель смазки	Р-10	1	-	-	-
Итого				1165,3	

9 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

9.1 Описание технологического процесса

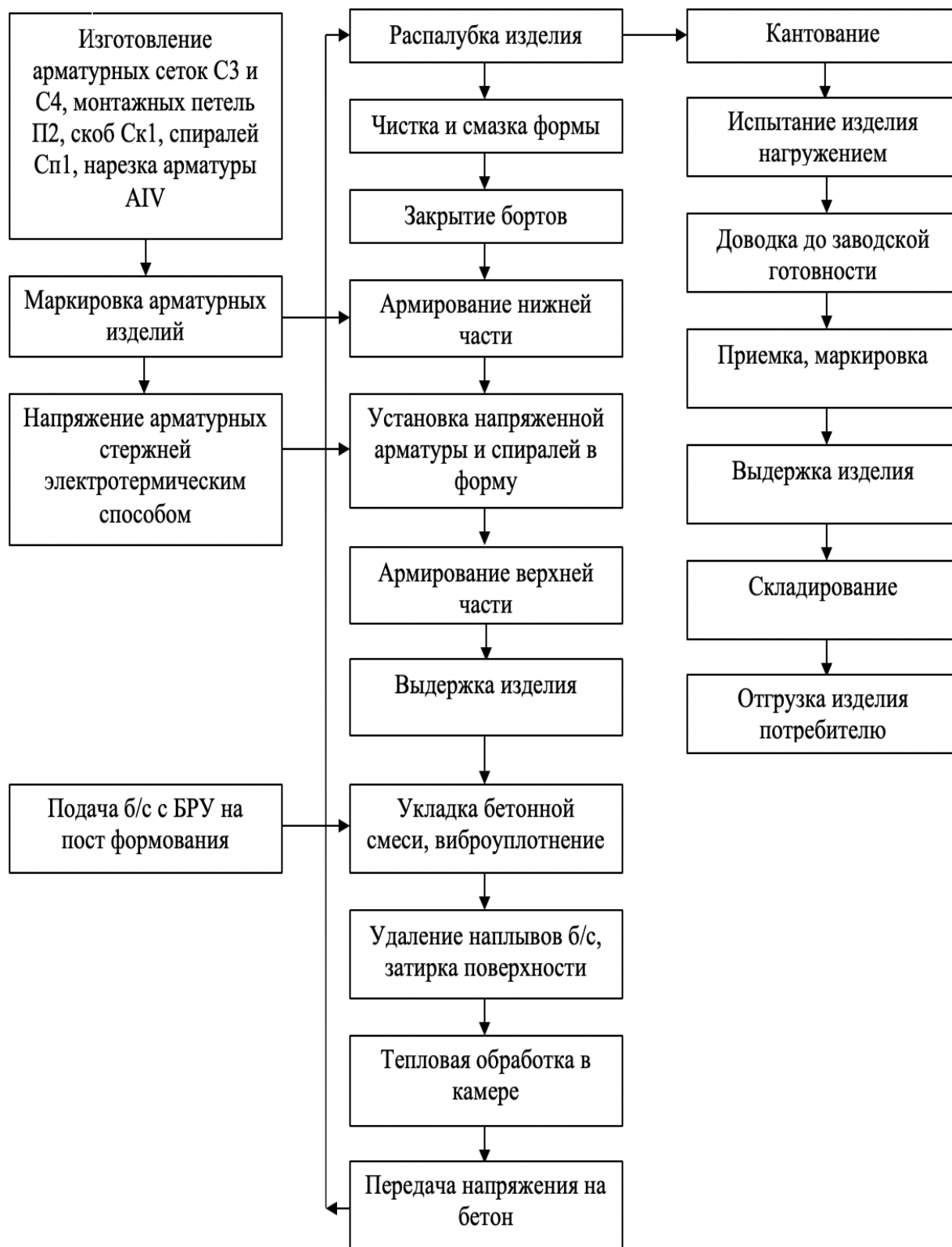


Рисунок 22 – Технологическая схема производства дорожных плит 1П60.18АIV

1) Чистка, сборка и смазка формы.

Чистка формы от остатков бетонной смеси осуществляется вручную одним бетонщиком 3 разряда в течении 10 минут при помощи металлического скребка и щеток. Далее он закрывает борта и фиксирует их в течении 4 минут. Затем производится смазка готовой формы при помощи распылителя в течении 1 минуты. После выполнения всех операций форму направляют на пост армирования по роликовому конвейеру в течении 0,5 минут.

2) Армирование.

Сначала в подготовленную форму двое арматурщика 3 разряда устанавливают нижний слой арматурных сеток С3 и С4 в течении 6 минут. Далее они осуществляют установку и фиксацию петель П2 и скоб Ск1 в течении 8 минут. Петли и скобы фиксируют к арматурным сеткам при помощи вязальной проволоки. Затем устанавливают предварительно разогретые арматурные стержни в упоры в течении 10 минут. Разогрев стержней осуществляется на установке СМЖ-129 одним оператором установки 4 разряда. Каждая пара стержней разогревается на установке за 2 минуты до нужного удлинения. После установки стержней укладывают верхний слой арматурных сеток С3 и С4 в течении 6 минут. Далее форма направляется на резервный пост по роликовому конвейеру в течении 1 минут.

3) Формование.

После остывания арматурных стержней в течении 14 минут форму перемещают по роликовому конвейеру в течении 0,5 минут на пост где производят укладку бетонной смеси в форму при помощи бетоноукладчика в течении 12 минут. Бетоноукладчиком управляет один оператор 4 разряда. Распределением бетонной смеси занимается один бетонщик 3 разряда. Далее форма устанавливается на виброплощадку, где бетонная смесь уплотняется в течении 4 минут. За управление виброплощадкой отвечает один оператор 4 разряда. После уплотнения бетонной смеси форма перемещается на пост заглаживания поверхности по роликовому конвейеру в течении 0,5 минут.

4) Заглаживание поверхности изделия.

Заглаживание поверхности изделия и удаление наплывов бетонной смеси осуществляют два бетонщика 3 разряда в течении 14 минут. После формы с изделием направляется на пост тепловой обработки по роликовому конвейеру в течении 0,5 минут.

5) Тепловая обработка.

Перемещение формы с изделием в многоярусную щелевую камеру происходит с помощью подъемника, которым управляет один оператор 3 разряда. Погрузка формы с изделием в камеру ТО длится 4 минуты, выгрузка 3 минуты. Длительность тепловой обработки – 10,5 часов. За тепловую обработку отвечает один оператор камеры ТО 4 разряда. После тепловой обработки форма с изделием вынимается из камеры и направляется на пост распалубки по роликовому конвейеру в течении 0,5 минут.

6) Распалубка.

Сначала арматурщик 4 разряда производит открытие бортов формы в течении 4 минут. Затем он поочередно обрезает арматурные стержни газовой горелкой в течении 12 минут. После изделие стропуется и перемещается на пост кантования краном-балкой в течении 2 минут. Пустая форма отправляется на пост чистки, сборки и смазки по роликовому конвейеру в течении 1 минуты.

7) Кантование.

На данном посту изделие устанавливается на кантователь, растроповывается оператором кантователя 3 разряда в течении 0,5 минут и фиксируется в упорах в течении 2 минут. Далее осуществляется переворот изделия рабочей стороной вверх в течении 7 секунд. Затем изделие стропуется, открепляется и перемещается на пост доводки краном-балкой в течении 3 минут.

8) Доводка изделия.

На данном посту, по необходимости, производят доводку изделия до необходимого качества поверхности. Изделие растроповывается в течении 0,5 минут. Доводку изделия осуществляет бетонщик 3 разряда в течении 5 минут. Далее изделие стропуется и отправляется на пост приемки и маркировки в течении 1 минуты.

9) Приемка и маркировка изделия.

На данном посту изделие растроповывается в течении 0,5 минут. Инженер ОТК 4 разряда производит осмотр изделия и маркирует его в течении 3 минут. Далее готовое изделие стропуется и отправляется на пост складирования краном-балкой в течении 1,5 минут.

10) Складирование в цеху.

Складирование в штабеля и растроповку изделия производит такелажник 4 разряда в течении 2 минуты.

11) Отгрузка готового изделия на склад готовой продукции.

По истечению 12-часовой выдержки изделие отправляется на пост складирования готовой продукции. Изделие стропуется такелажником 4 разряда в течении 0,5 минут. Далее оно перемещается, устанавливается на вывозную тележку и растроповывается в течении 1,5 минут. Затем изделие вывозится на склад готовой продукции в течении 5 минут, где складировается штабелями козловым краном. Вывозной тележкой управляет оператор 3 разряда.

9.2 Режим работы предприятия

Расчет проектной мощности предприятия производится, исходя из производительности ведущего оборудования, режима работы и фонда чистого времени работы оборудования.

Число рабочих суток в году 352, количество рабочих смен в сутки 2, продолжительность рабочей смены 12 часов.

Расчетный фонд рабочего времени составляет 8448 часа.

9.3 Оптимизация распределения трудовых ресурсов

Для оптимизации при заданном ритме необходимо построить пооперационный график, найти на нем последовательную непрерывную цепочку операций, суммарная длительность которой определяет время выполнения всего комплекса операций (длительность цикла).

За ведущий процесс принимаем процесс армирования, который длится 31 минуту. Следовательно, длительность цикла равна 31 минуте.

Оптимизированный пооперационный график представлен в приложении А.

При помощи приложения А строим оптимизированный график движения рабочей силы – рисунок 23.

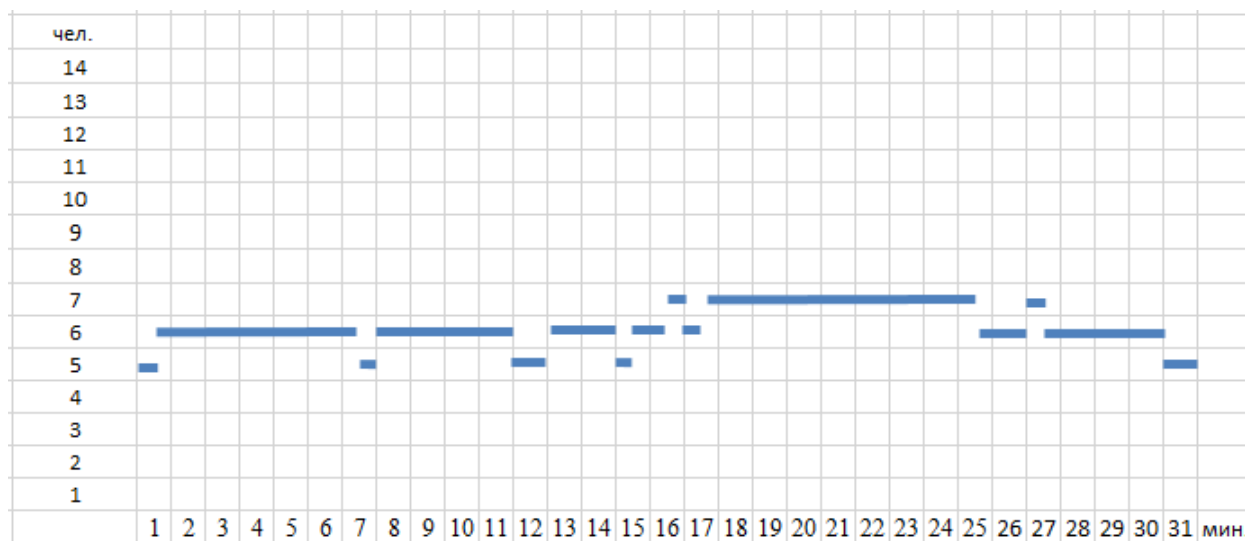


Рисунок 23 – Оптимизированный график движения рабочей силы

Ритм выпуска – количество изделий, выпускаемых в единицу времени.

$$R = \frac{\Pi}{V \cdot B_p \cdot 60}, \quad (20)$$

где Π – производительность предприятия, 22 878 м³/год;

V – объем одного изделия, 1,46 м³;

B_p – расчетный фонд рабочего времени, 8 448 ч.

$$R = 22878 / (1,46 \cdot 8448 \cdot 60) = 0,031 \text{ (изд/мин)}.$$

Количество ресурсов, используемых на операции в единицу времени, называют интенсивностью операции. Средняя интенсивность потребления трудовых ресурсов:

$$P = \frac{\sum P_{ij} \cdot t_{ij}}{T_c}, \quad (21)$$

где P_{ij} – интенсивность потребления ресурсов на операции, чел;

t_{ij} – длительность операции, мин;

T_c – такт выпуска, мин.

$$P=1*15,5+3*31+3*16,5+2*14,5+2*7,5+1*18+1*5,5+1*6,5+1*5+1*2+2*7/31=8,2 \text{ чел. *мин.}$$

Потери труда из-за неравномерного и неполного использования трудовых ресурсов:

$$\Delta H = H_{\phi} - H, \quad (22)$$

где H_{ϕ} – фактические затраты труда в стадийном процессе, чел.*мин;

H – трудоемкость операции стадийного процесса, чел.*мин.

Фактические затраты труда в стадийном процессе:

$$H_{\phi} = P_{\max} \cdot T_c, \quad (23)$$

где P_{\max} – наибольшая интенсивность текущего потребления ресурсов (максимальное число рабочих, одновременно занятых на выполнении операций), чел.

Трудоемкость операций:

$$H = \sum_{i=1}^n H_i, \quad (24)$$

где H_i – трудоемкость отдельных операций, чел.*мин.

До оптимизации:

$$H_{\phi}=14*31= 434 \text{ чел.*мин.}$$

$$H=28+26+12+11+10+4,5+36+17,5+6+5+22,5+12+1=191,5 \text{ чел.*мин.}$$

$$\Delta H=434-191,5=242,5 \text{ чел.*мин.}$$

После оптимизации:

$$H_{\phi}= 7*31= 217 \text{ чел.*мин.}$$

$$H=2,5+36+2,5+24+5+12+2,5+6+3,5+3+56+9+3,5+21+5=191,5 \text{ чел.*мин.}$$

$$\Delta H= 217-191,5 = 25,5 \text{ чел.*мин.}$$

Циклограмма дает наглядное представление о согласованности времени выполнения отдельных операций. На циклограмме по оси ординат откладывают время, по оси абсцисс координаты.

Циклограмма движения кранов представлена в приложении Б.

Рабочие посты формовочного цеха №1:

- 1 – пост подготовки форм;
- 2 – пост армирования;
- 3 – пост формования;
- 4 – пост заглаживания поверхности изделий;
- 5 – пост загрузки и выгрузки изделий из камеры тепловой обработки;
- 6 – камера тепловой обработки;
- 7 – пост распалубки;
- 8 – пост кантования изделий;
- 9 – пост доводки изделий;
- 10 – пост приемки и маркировки изделий;
- 11 – пост складирования готовых изделий;
- 12 – пост выгрузки готовых изделий на склад.

Обозначение точек на циклограмме работ:

Кран №1:

$K^1_1-K^1_2$ – перемещение изделия на пост доводки изделий;

$K^1_2-K^1_3$ – расстроповка изделия;

$K^1_3-K^1_4$ – переход крана на пост распалубки изделий;

$K^1_4-K^1_5$ – простой крана;

$K^1_5-K^1_6$ – строповка изделия;

$K^1_6-K^1_7$ – перемещение изделия на пост кантования;

$K^1_7-K^1_8$ – расстроповка изделия;

$K^1_8-K^1_9$ – простой крана;

$K^1_9-K^1_{10}$ – строповка изделия;

$K^1_{10}-K^1_{11}$ – снятие изделия с кантователя.

Кран №2:

$K^2_1-K^2_2$ – простой крана;

$K^2_2-K^2_3$ – переход крана на пост доводки изделий;

$K^2_3-K^2_4$ – строповка изделия;

$K^2_4-K^2_5$ – перемещение изделия на пост приемки и маркировки изделий;

$K^2_5-K^2_6$ – расстроповка изделия;

$K^2_6-K^2_7$ – простой крана;

$K^2_7-K^2_8$ – строповка изделия;

$K^2_8-K^2_9$ – перемещение изделия на склад готовой продукции;

$K^2_9-K^2_{10}$ – складирование изделия;

$K^2_{10}-K^2_{11}$ – расстроповка изделия;

$K^2_{11}-K^2_{12}$ – простой крана;

$K^2_{12}-K^2_{13}$ – строповка изделия;

$K^2_{13}-K^2_{14}$ – перемещение изделия на самоходную тележку;

$K^2_{14}-K^2_{15}$ – расстроповка изделия;

$K^2_{15}-K^2_{16}$ – простой крана.

Циклограмма работ на посту армирования представлена на рисунке 24.

Процессы	Операции	Оборудование	Рабочие		Продол жительн	Время, мин.																														
			Проф. раз.	Чел.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Армирование	Укладка нижнего слоя арм. сеток	-	арматурщик 3	2	6	█																														
	Установка гнутых элементов	вязальная проволока			8	█																														
	Установка разогретых стержней	-			10	█																														
	Укладка верхнего слоя арм. сеток	-			6	█																														
	Разогрев арм. стержней	СМЖ-129	оператор 4	1	10	█																														
	Перемещение	конвейер	арматурщик 3	1	1	█																														

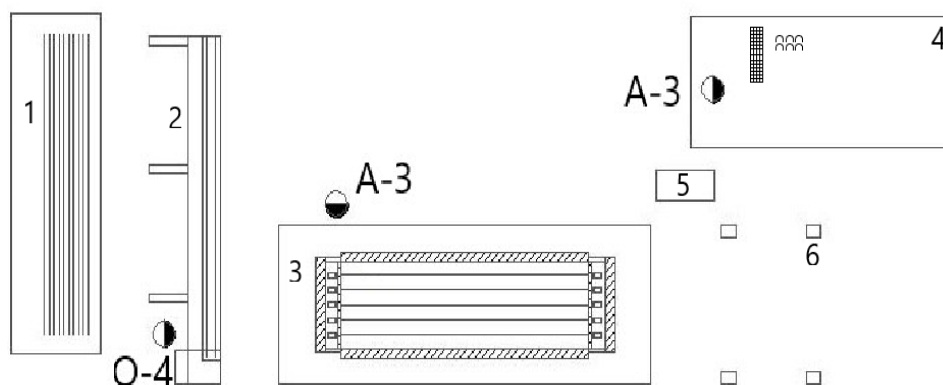


Рисунок 24 – Циклограмма работ на посту армирования

1 – склад заготовок арматурных стержней; 2 – установка для электротермического удлинения арматурных стержней СМЖ-129; 3 – форма, 4 – склад арматурных изделий; 5 – пульт управления роликовым конвейером; 6 – роликовый конвейер.

9.4 Расчет уровня механизации и автоматизации

Уровень механизации – доля в общем технологическом процессе операций, выполняемых с помощью механизмов, определяется по формуле:

$$Y_M = \frac{\sum z_i \cdot k_i \cdot n_i}{3 \cdot \sum n}, \quad (25)$$

где z_i – характеристика вида механизации операции:

$z=0$ – операция не механизирована;

$z=1$ – операция выполняется при помощи машины ручного действия (без привода);

$z=2$ – операция выполняется при помощи механизированной машины, имеющей электрический или иной привод, но требующей ручного труда;

$z=3$ – операция выполняется при помощи механизированной машины, имеющей электрический или иной привод и не требующей ручного труда.

k – коэффициент степени механизации операций:

$k=1$ – операция механизирована полностью;

$k=0,5$ – операция частично механизирована.

n – количество операций.

Уровень автоматизации – доля в общем технологическом процессе операций, выполняемых при помощи автоматических и полуавтоматических устройств, агрегатов и линий, определяется по формуле:

$$Y_a = \frac{\sum z'_i \cdot k'_i \cdot n_i}{1,5 \cdot \sum n}, \quad (26)$$

где z'_i – характеристика автоматизации:

$z'=0$ – операция не автоматизирована;

$z'=1$ – операция выполняется при помощи полуавтоматических устройств, когда функции рабочего сводятся к включению, выключению агрегата и наблюдению;

$z'=1,5$ – операция выполняется автоматически, без участия человека, функции рабочего сводятся к наблюдению.

k – коэффициент степени автоматизации операции:

$k=1$ – операция автоматизирована полностью;

$k=0,5$ – операция автоматизирована частично.

n – количество операций.

Расчет уровня механизации и автоматизации приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет уровня механизации и автоматизации

Операция	Механизация				Автоматизация			
	z_i	k_i	n_i	$z_i \cdot k_i \cdot n_i$	z_i'	k_i'	n_i'	$z_i' \cdot k_i' \cdot n_i'$
1 Операции на формовочной линии								
1.1 Чистка формы	0	0	1	0	0	0	1	0
1.2 Смазка формы	1	0,5	1	0,5	0	0	1	0
1.3 Сборка формы	0	0	1	0	0	0	1	0
1.4 Укладка арматурных элементов в форму	0	0	1	0	0	0	1	0
1.5 Нагрев арматурных стержней	3	1	5	15	1	0,5	5	2,5
1.6 Укладка бетонной смеси	3	0,5	1	1,5	1	0,5	1	0,5
1.7 Уплотнение бетонной смеси на виброплощадке	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
1.8 Заглаживание поверхности, удаление наплывов бетонной смеси	0	0	1	0	0	0	1	0
1.9 Термообработка	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
1.10 Обрезка арматурных стержней	1	0,5	1	0,5	0	0	1	0
1.11 Открытие бортов	0	0	1	0	0	0	1	0
1.12 Кантование изделия	3	1	1	3	1	1	1	1
Итого:			16	26,5			16	6

Окончание таблицы 15

Операция	Механизация				Автоматизация			
	z_i	k_i	n_i	$z_i \cdot k_i \cdot n_i$	z_i'	k_i'	n_i'	$z_i' \cdot k_i' \cdot n_i'$
2 Отделка								
2.1 Доводка поверхности изделия	0	0	1	0	0	0	1	0
2.2 Приемка, маркировка	0	0	1	0	0	0	1	0
Итого:			2	0			2	0
3 Транспортирование и прочее								
3.1 Строповка	0	0	5	0	0	0	5	0
3.2 Растроповка	0	0	5	0	0	0	5	0
3.3 Перемещение формы по конвейеру	3	1	6	18	1	1	6	6
3.4 Погрузка формы в камеру ТО	3	1	1	3	1	1	1	1
3.5 Выгрузка формы из камеры ТО	3	1	1	3	1	1	1	1
3.6 Перемещение на кантование	3	1	1	3	1	1	1	1
3.7 Фиксация изделия в кантователе	0	1	1	0	0	0	1	0
3.8 Перемещение на доводку	3	1	1	3	1	1	1	1
3.9 Перемещение на пост приемки и маркировки	3	1	1	3	1	1	1	1
3.10 Перемещение на слад	3	1	1	3	1	1	1	1
3.11 Перемещение на тележку	3	1	1	3	1	1	1	1
3.12 Вывоз изделия на тележке	3	1	1	3	1	1	1	1
Итого:			25	42			25	14
Всего:			43	68,5			43	20

Расчет уровня механизации и автоматизации:

Уровень механизации $Y_m = (68,5/43 \cdot 3) \cdot 100\% = 53\%$

Уровень автоматизации $Y_a = (20/43 \cdot 1,5) \cdot 100\% = 31\%$

Таким образом уровень механизации и автоматизации удовлетворяют требованиям ОНТП 07-85 ($Y_m > 50\%$, $Y_a > 30\%$).

10 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАМЕРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

10.1 Общие сведения

Эффективность применения бетона в современном строительстве в значительной мере определяется темпами производства железобетонных изделий. Решающим средством ускорения твердения бетона является тепловая обработка.

Процесс тепловой обработки занимает 70-80% времени всего цикла изготовления изделий. На тепловую обработку железобетонных изделий расходуется до 70% всей тепловой энергии.

Твердение ускоряется с повышением температуры бетона и окружающей его среды. При этом высокая температура должна сочетаться с достаточной влажностью бетона для нормальной гидратации цемента.

Во избежание значительных влагопотерь при тепловой обработке изделий с открытыми поверхностями обязательным является обеспечение влажности среды не менее 90-96% или защита открытых поверхностей изделий влагонепроницаемыми материалами.

Камера тепловой обработки, действующая на ООО «Бетотек» имеет конструкцию многоярусной щелевой вертикальной камеры. Работает непрерывно. Камера имеет 3 секции. В каждой секции размещается 10 форм с изделиями. Формы загружаются в камеры при помощи специального подъемника.

Между секциями установлены трубопроводы, по которым циркулирует горячая вода, являющаяся теплоносителем. Температура внутри камеры постоянная 50-55 °С. Влажность образовывается за счет воды, испаряющейся с поверхности изделий.

10.2 Исходные данные

1. Вид изделия – дорожная плита.
2. Геометрические размеры изделия, м:
 - длина – $l = 6,0$ м,
 - ширина – $b = 1,75$ м,

- высота – $h = 0,14$ м.
- 3. Масса изделия – $G_{и} = 3650$ кг.
- 4. Объем бетона в изделии – $V_{б} = 1,46$ м³.
- 5. Объем одного изделия – $V_{и} = b \cdot l \cdot h = 1,47$ м³.
- 6. Расход арматуры на 1 м³ бетона – $G_{аб} = 82,71$ кг.
- 7. Расход арматуры на 1 изделие – $G_{а} = 120,76$ кг.
- 8. Водоцементное отношение $V/Ц = 0,43$.
- 9. Марка цемента – $M_{ц} = 400$.
- 10. Класс бетона по прочности на сжатие – $B = 30$.
- 11. Масса бетона в изделии – $G_{б} = 3523$ кг.
- 12. Плотность бетонной смеси:

$$\rho = G_{ц} + G_{в} + G_{п} + G_{щ} + G_{д}. \quad (26)$$

$$\rho = 406,3 + 176,2 + 541,5 + 1286,9 + 2,04 = 2413 \text{ кг.}$$

- 13. Расход материалов на 1 м³, кг:

- цемент – $G_{ц} = 406,3$ кг;
- вода – $G_{в} = 176,2$ кг;
- песок – $G_{п} = 541,5$ кг;
- щебень – $G_{щ} = 1286,9$ кг;
- добавка суперпласт С-3 – $G_{д} = 2,04$ кг.

- 14. Вес сухих веществ на 1 м³:

$$G_{сб} = G_{ц} + G_{п} + G_{щ} = 406,3 + 541,5 + 1286,9 = 2235 \text{ кг.} \quad (27)$$

- 15. Вес сухих веществ на 1 изделие:

$$G_{с1} = G_{сб} \cdot V_{б} = 2235 \cdot 1,46 = 3263 \text{ кг.} \quad (28)$$

- 16. Количество воды, вступившее в реакцию с вяжущим:

$$G_{вс} = G_{ц} \cdot \alpha_1 = 406,3 \cdot 0,17 = 69 \text{ кг.} \quad (29)$$

где α_1 – степень гидратации (степень гидратации портландцемента составляет 0,17).

- 17. Масса формы – $G_{ф} = 8970$ кг.

18. Размеры формы, м:

- длина – $l_{\phi} = 9,5$ м;
- ширина – $b_{\phi} = 3,3$ м,
- высота – $h_{\phi} = 0,5$ м.

19. Температура загружаемых изделий – $t_0 = 20$ °С.

20. Температура окружающей среды – $t_{oc} = 20$ °С.

21. Начальная температура в камере – $t_1 = 50$ °С.

22. Температура изотермической выдержки – $t_{из} = 55$ °С.

23. Температура изделий при выгрузке из камеры – $t_{ох} = 50$ °С.

24. Удельная теплоемкость бетона – $c_b = 0,84$ к Дж/кг*град.

25. Коэффициенты:

- теплопроводности бетона – $\lambda_b = 1,56$ Вт/м*град,
- температуропроводности бетона – $a_b = 2,84 \cdot 10^{-3}$ м²/час.

26. Прочность бетона после тепловлажностной обработки

$$R_{тво} = R_{норм.} \cdot 0,7 = 38,35 \cdot 0,7 = 26,8 \text{ МПа.} \quad (30)$$

10.3 Теплотехнический расчет камеры тепловой обработки

1. Число изделий в камере, шт. – $N = 30$.

2. Размеры камеры:

Внутренние размеры камеры, м:

- длина – $L = 12,00$ м;
- ширина – $B = 12,65$ м;
- высота – $H = 10,78$ м.

Габаритные размеры камеры, м:

длина:

$$L_k = L + d_{ст} + d_{кр.} \quad (31)$$

ширина:

$$B_k = B + 2 \cdot d_{ст.} \quad (32)$$

Высота:

$$H_k = H + d_{п+} + d_{ст}, \quad (33)$$

где $d_{ст}$ – толщина стены, м;

$d_{п}$ – толщина пола, м;

$d_{кр}$ – толщина крышки, м.

Конструкция стенок камеры представляет собой трехслойные сэндвич-панели, состоящие из 2-х наружных слоев, стали и внутреннего слоя из пенополистирола. Конструкция крышек каждой ячейки имеет такую же конструкцию

Толщина металлического слоя $\delta_1 = 0,0025$ м, толщина слоя пенополистирола в стенках камеры $\delta_2 = 0,235$ м, толщина слоя пенополистирола в крышках камеры $\delta_3 = 0,096$ м.

λ_1 – коэффициент теплопроводности пенополистирола, $0,042$ Вт/(м*град),

λ_2 – коэффициент теплопроводности стали, 56 Вт/(м*град).

Принимаем толщину пола $0,4$ м.

Габаритные размеры камеры составляют:

$L_k = 12,00 + 0,24 + 0,1 = 12,34$ м;

$V_k = 12,65 + 2 \cdot 0,24 = 13,13$ м;

$H_k = 10,78 + 0,4 + 0,24 = 11,42$ м.

Наружная поверхность ограждения камеры, m^2 :

$$F = 2 (H_k \cdot L_k + L_k \cdot V_k + V_k \cdot H_k). \quad (34)$$

$$F = 2(11,42 \cdot 12,34 + 12,34 \cdot 13,13 + 13,13 \cdot 11,42) = 905,78 \text{ м}^2.$$

3. Рабочий объем камеры, m^3 :

$$V_k = L \cdot V \cdot H. \quad (35)$$

$$V_k = 12,00 \cdot 12,65 \cdot 10,78 = 1636 \text{ м}^3.$$

4. Суммарный объем бетона изделий, входящих в камеру:

$$V_{бк} = N_1 \cdot V_б. \quad (36)$$

$$V_{бк} = 30 \cdot 1,46 = 43,8 \text{ м}^3.$$

5. Суммарная масса бетона изделий, входящих в камеру:

$$G_{бк} = V_{бк} \cdot \rho_{бс}. \quad (37)$$

$$G_{\text{бк}} = 43,8 \cdot 2413 = 105689,4 \text{ кг.}$$

6. Объем формы:

$$V_{\text{ф1}} = G_{\text{ф}} / \rho_{\text{ф}}. \quad (38)$$

$$V_{\text{ф1}} = 8970 / 7700 = 1,16 \text{ м}^3.$$

7. Суммарный объем форм изделий, находящихся в камере:

$$V_{\text{ф}} = V_{\text{ф1}} \cdot N_1. \quad (39)$$

$$V_{\text{ф}} = 1,16 \cdot 30 = 34,8 \text{ м}^3.$$

8. Степень заполнения камеры бетоном изделий:

$$q_{\text{б}} = \frac{V_{\text{бк}}}{V_{\text{к}}}. \quad (40)$$

$$q_{\text{б}} = 43,8 / 1636 = 0,027.$$

9. Степень заполнения камеры формами:

$$q_{\text{к}} = \frac{V_{\text{ф}}}{V_{\text{к}}}. \quad (41)$$

$$q_{\text{к}} = 34,8 / 1636 = 0,021.$$

10.4 Материальный баланс камеры

Поступает в камеру:

– сухих веществ:

$$G_{\text{с}} = V_{\text{бк}} \cdot G_{\text{с1}}. \quad (42)$$

$$G_{\text{с}} = 43,8 \cdot 3263 = 142919 \text{ кг.}$$

– ВОДЫ:

$$G_{\text{в}} = V_{\text{бк}} \cdot G_{\text{в1}}. \quad (43)$$

$$G_{\text{в}} = 43,8 \cdot 176,2 = 7718 \text{ кг.}$$

– металла форм:

$$G_{\text{м}} = N_1 \cdot G_{\text{ф}}. \quad (44)$$

$$G_{\text{м}} = 30 \cdot 8970 = 269100 \text{ кг.}$$

– арматуры и закладных деталей:

$$G_{ap} = G_{ab} * V_{bk}. \quad (45)$$

$$G_{ap} = 82,71 * 43,8 = 3623 \text{ кг.}$$

Выгружается из камеры:

– сухого бетона:

$$G_{bo} = G_c + G_{вг}. \quad (46)$$

$$G_{bo} = 142919 + 3022 = 145941 \text{ кг.}$$

– вода, перешедшая в гидратную влагу:

$$G_{вг} = G_{вс} * V_{бк}. \quad (47)$$

$$G_{вс} = G_{ц} * \alpha_1, \quad (48)$$

где, α_1 – степень гидратации (в среднем составляет 0,17)

$$G_{вс} = 406,3 * 0,17 = 69 \text{ кг.}$$

$$G_{вг} = 69 * 43,8 = 3022 \text{ кг.}$$

– остаточная влага изделий:

$$G_{wост} = G_w - G_{вг} - G_w * a_2 / 100, \quad (49)$$

где a_2 – % испарившейся воды за период выдержки (10...15%)

$$G_{wост} = 7718 - 3022 - 7718 * 10 / 100 = 3924 \text{ кг.}$$

– металла форм:

$$G_M = N_1 * G_{ф}. \quad (50)$$

$$G_M = 30 * 8970 = 269100 \text{ кг.}$$

– арматуры и закладных деталей:

$$G_{ap} = G_{ab} * V_{бк}. \quad (51)$$

$$G_{ap} = 82,71 * 43,8 = 3623 \text{ кг.}$$

Испарение влаги будет происходить только с открытой поверхности изделия.

10.5 Тепловой баланс камеры тепловой обработки

Расчет температуры изделия по стадиям тепловой обработки.

Расчет проводится с помощью критериальных уравнений нестационарного теплообмена для периодов подъема температуры и изотермической выдержки.

Так как камера работает непрерывно и температура в камере постоянная, то и расчет будет производиться за период изотермической выдержки.

Критерий Био:

$$Bi = \frac{\alpha_n \cdot R_i}{\lambda_B}, \quad (52)$$

где α_n – коэффициент теплоотдачи изделия в период нагрева, 27,9 м²/ч;

R_i – характерный размер изделия;

λ_B – теплопроводность железобетона, 1,56 Вт/(м*град)

$$B_{ix} = \frac{27,9 \cdot 1,49}{1,56} = 26,6$$

$$B_{iy} = \frac{27,9 \cdot 1,39}{1,56} = 24,9$$

$$B_{iz} = \frac{27,9 \cdot 0,12}{1,56} = 2,15$$

Критерий Фурье:

$$Fo = \frac{\alpha_B \cdot D_{II}}{R_i^2}, \quad (53)$$

где D_{II} – продолжительность подъема температуры, 10,5 ч,

α_B – коэффициент температуропроводности:

$$\alpha_B = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} = 0,77 \cdot 10^{-3}, \quad (54)$$

λ – теплопроводность железобетона, 1,56 Вт/(м*град),

c – теплоемкость железобетона, 0,84 кДж/кг*град,

ρ – плотность железобетона, 2400 кг/м³.

$$F_{ox} = \frac{0,77 \cdot 10^{-3} \cdot 10,5}{1,49^2} = 0,0036$$

$$F_{oy} = \frac{0,77 \cdot 10^{-3} \cdot 10,5}{1,39^2} = 0,0042$$

$$F_{oz} = \frac{0,77 \cdot 10^{-3} \cdot 10,5}{0,12^2} = 0,5615$$

Безразмерная температура центра изделий:

$$\theta_x = 1$$

$$\theta_y = 1$$

$$\theta_z = 0$$

$$\theta_{\eta} = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0$$

Безразмерная температура поверхности изделий:

$$\theta_x = 0,3$$

$$\theta_y = 0,19$$

$$\theta_z = 0$$

$$\theta_n = 0,4 \cdot 0,19 \cdot 0 = 0$$

Температура поверхности к концу стадии:

$$t(1-2)_{\Pi} = t(1-2)_o - \theta_{\Pi} \cdot (t(1-2)_o - t_1), \quad (55)$$

где $t(1-2)_o = t_{oc} + 5/6 (t_{из} - t_{oc})$ – средняя по времени температура среды за период.

$$t(1-2)_o = 20 + \frac{5}{6} (50 - 20) = 45^{\circ}$$

$$t(1-2)_{\Pi} = 45 - 0 \cdot (45 - 50) = 45^{\circ}$$

Температура центра изделия в конце периода:

$$t(1-2)_{\Pi} = t(1-2)_o - \theta_{\Pi} \cdot \theta (t(1-2)_o - t_1), \quad (56)$$

$$t(1-2)_{\Pi} = 45 - 0 \cdot (45 - 50) = 45^{\circ}$$

Средняя температура изделия в конце периода:

$$t(1-2)_o = 45^{\circ}$$

Фактическая средняя температура изделия:

$$t(1-2)_{\text{б}} = t(1-2)_o$$

$$t(1-2)_{\text{б}} = 45^{\circ}$$

$$t(1-2)_{\text{БИ}} = t(1-2)_{\text{б}} = 45^{\circ}$$

1 Приход тепла.

1) Теплосодержание сухой части бетонной смеси:

$$Q_{1-1} = G_c \cdot c_{\text{б}} \cdot t(1-2)_{\text{б}}. \quad (57)$$

$$Q_{1-1} = 5402338 \text{ кДж.}$$

2) Теплосодержание влаги, содержащейся в бетонной смеси:

$$Q_{1-2} = G_w * c_w * t_{(1-2)б.} \quad (58)$$

$$Q_{1-2} = 1455229 \text{ кДж.}$$

3) Теплосодержание арматуры и закладных деталей изделий:

$$Q_{1-3} = G_{ap} * c_a * t_{(1-2)б.} \quad (59)$$

$$Q_{1-3} = 78257 \text{ кДж.}$$

4) Теплосодержание форм:

$$Q_{1-4} = G_m * c_m * t_{из.} \quad (60)$$

$$Q_{1-4} = 5812560 \text{ кДж.}$$

5) Тепло материалов ограждений:

$$Q_{1-5} = \sum V_{iогр} * \rho_{iогр} * c_{iогр} * t_{iогр}, \quad (61)$$

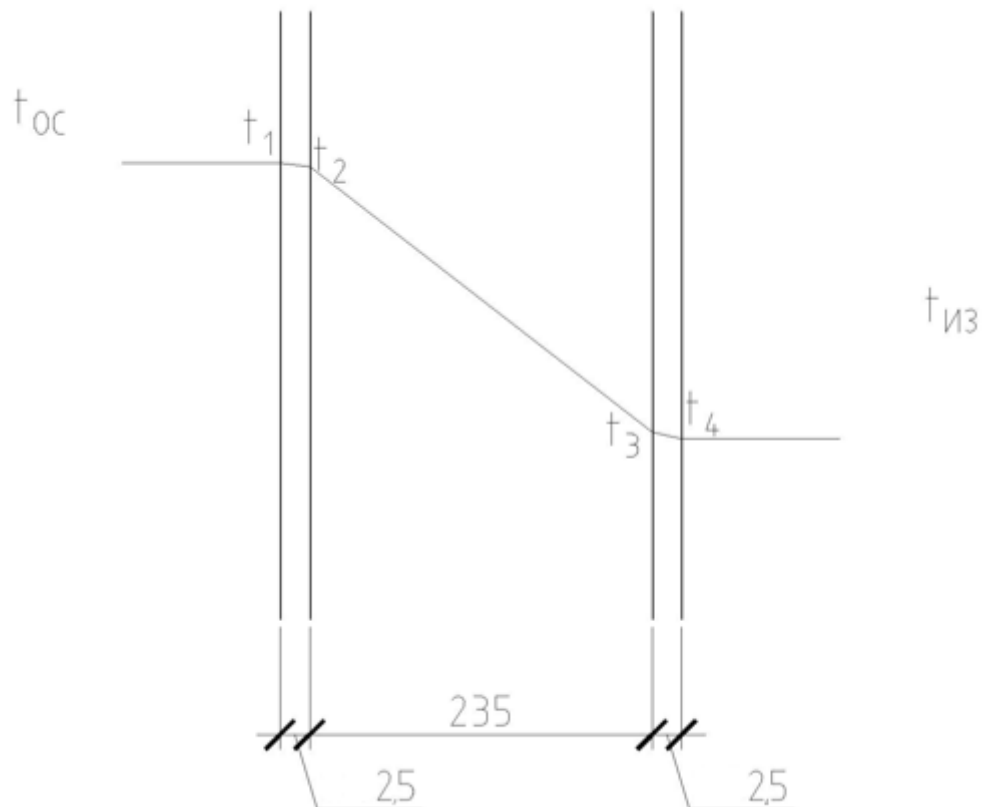
где $V_{iогр}$ – объем i -го слоя материала в ограждении, m^3 ,

$\rho_{iогр}$ – плотность i -го материала, $кг/м^3$,

$c_{iогр}$ – удельная теплоемкость i -го материала, $кДж/кг*град$,

$t_{iогр}$ – средняя температура i -го слоя материала, $°C$.

Необходимо найти температуры для каждого слоя стенки и крышки.



Температуры стенки найдем из уравнений:

$$\begin{aligned}
 q &= \alpha_1 (t_{(1-2)_o} - t_1) \\
 q &= \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_1 - t_2) \\
 q &= \frac{\lambda_2}{\delta_2} (t_2 - t_3) \quad , \\
 q &= \frac{\lambda_3}{\delta_3} (t_3 - t_4) \\
 q &= \alpha_2 (t_4 - t_{oc})
 \end{aligned}
 \tag{62}$$

где, t_1, t_2, t_3, t_4 – соответственно температуры внешней стороны стали, между сталью и пенополистиролом, между пенополистиролом и сталью, внешней стороны стали, °С,

t_{oc} – температура окружающей среды, 20°С,

α_1 – коэффициент теплоотдачи от греющей среды к разделяющей стенке, 90 Вт/(м²·град),

α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой среде, 10,45Вт/(м²·град),

δ_1, δ_2 – толщины соответственно стали, пенополистирола м,

λ_1 – коэффициент теплопроводности пенополистирола, 0,042 Вт/(м*град),

λ_2 – коэффициент теплопроводности стали, 56 Вт/(м*град).

$$t_{\max} = t_{(1-2)_o} = 45$$

$$q = \frac{45 - 20}{\frac{1}{10.45} + \frac{1}{90} + \frac{0.235}{0.042} + 2 \cdot \frac{0.0025}{56}} = 4,38$$

$$t_1 = t_2 = 45 - \frac{4,38}{10.45} = 44,58$$

$$t_3 = t_4 = 44,58 - \frac{4,38 \cdot 0,235}{0.042} = 20,07$$

Найдем тепло на нагрев стенок камеры.

Найдем объем пенополистирольного слоя в стенках:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{кер.}} &= 2 * 10,78 * 12,34 * 0,235 + 13,13 * 12,34 * 0,235 + 13,13 * 10,78 * 0,235 = \\
 &= 133,86 \text{ м}^3.
 \end{aligned}$$

Найдем объем металлического слоя в стенках:

$$V_{ст.} = 2 * (2 * 10,78 * 12,34 * 0,0025 + 13,13 * 12,34 * 0,0025 + 13,13 * 10,78 * 0,0025) = 2,85 \text{ м}^3.$$

Тепло на нагрев внешнего слоя стали:

$$Q_1 = 1,425 * 7800 * 0,48 * 20,07 = 107077,464 \text{ кДж.}$$

Тепло на нагрев внутреннего слоя стали:

$$Q_2 = 1,425 * 7800 * 0,48 * 44,58 = 237843,216 \text{ кДж.}$$

Тепло на нагрев слоя пенополистирола:

$$Q_3 = 133,86 * 8,8 * 1,65 * (44,58 - 20,07) / 2 = 23819,32 \text{ кДж.}$$

Общее тепло на нагрев стенок:

$$Q_{стенок} = 107077,464 + 237843,216 + 23819,32 = 57770 \text{ кДж.}$$

Рассчитаем тепло крышки:

Найдем объем стального слоя:

$$V_{ст.} = 2 * 0,0025 * 13,13 * 10,78 = 0,71 \text{ м}^3.$$

Найдем объем пенополистирола:

$$V_{м.в.} = 0,095 * 13,13 * 10,78 = 13,45 \text{ м}^3.$$

Тепло на нагрев внешнего слоя стали:

$$Q_1 = 0,355 * 7800 * 0,48 * 20,07 = 26675,44 \text{ кДж.}$$

Тепло на нагрев внутреннего слоя стали:

$$Q_2 = 0,355 * 7800 * 0,48 * 44,58 = 59252,17 \text{ кДж.}$$

Тепло на нагрев слоя пенополистирола:

$$Q_3 = 13,45 * 8,8 * 1,65 * (44,58 - 20,07) / 2 = 2393,33 \text{ кДж.}$$

Общее тепло на нагрев крышки:

$$Q_{крышки} = 26675,44 + 59252,17 + 2393,33 = 88320,94 \text{ кДж.}$$

Найдем объем керамзитобетонного пола:

$$V_{пола} = 0,4 * 13,13 * 12,34 = 64,81 \text{ м}^3.$$

Общее тепло пола:

$$Q_{пола} = 64,81 * 1900 * 0,56 * 20 = 1379156,8 \text{ кДж.}$$

Общее тепло будет равно:

$$Q_{1-5} = Q_{ст} + Q_{кр} + Q_{пола} = 57770 + 88320,94 + 1379156,8 = 1525247,74 \text{ кДж.}$$

б) Тепло вносимое теплоносителем:

$$Q_{1-6} = G_1 \cdot i_{п}, \quad (63)$$

где G_1 – количество подаваемого теплоносителя в период изотермической выдержки,

$i_{п}$ – энтальпия теплоносителя, 2626,29 кДж/кг.

$$Q_{1-6} = G_1 \cdot 2626,29 \text{ кДж.}$$

Сумма приходных статей:

$$Q_{1п} = \sum Q_{1-i}. \quad (64)$$

$$Q_{1п} = 5402338 + 1455229 + 78257 + 5812560 + 1525247,74 + G_1 \cdot 2626,29 = 14273631 + G_1 \cdot 2626,29 \text{ кДж.}$$

2 Расход тепла.

1) На нагрев материалов:

$$Q_{2-1} = Q_{1-1}$$

$$Q_{2-1} = 5402338 \text{ кДж.}$$

2) На нагрев воды в бетонной смеси:

$$Q_{2-2} = Q_{1-2}$$

$$Q_{2-2} = 1455229 \text{ кДж.}$$

3) На нагрев арматуры и закладных деталей:

$$Q_{2-3} = Q_{1-3}$$

$$Q_{2-3} = 78257 \text{ кДж.}$$

4) На нагрев форм:

$$Q_{2-4} = Q_{1-4}$$

$$Q_{2-4} = 5812560 \text{ кДж.}$$

5) На нагрев материалов ограждений:

$$Q_{2-5} = V_{iorp} \cdot \rho_{iorp} \cdot c_{iorp} \cdot t_{2iorp} = Q_{1-5}. \quad (65)$$

$$Q_{2-5} = 1525247,74 \text{ кДж.}$$

6) Потери тепла в окружающую среду через надземную часть стен:

$$Q_{2-6} = 3,6 \cdot k \cdot F_{н} \cdot D_{п} \cdot (t_{из} - t_{oc}), \quad (66)$$

где $D_{п}$ – время подъема температуры, час,

k – коэффициент теплопередачи, Вт/м²*град.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (67)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от греющей среды к разделяющей стенке, 90 Вт/м²град,

α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой среде:

$$\alpha_2 = 2,6\sqrt{t_{cm} - t_{oc}} + 5,7 \frac{E \cdot \left(\left(\frac{t_{cm} + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{t_{oc} + 273}{100} \right)^4 \right)}{t_{cm} - t_{oc}}, \quad (68)$$

где b_i – толщина слоев ограждения, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя ограждающей конструкции, Вт/м · град;

2,6 – коэффициент, учитывающий расположение стен;

$t_{ст}$ – температура наружной поверхности стен, °С;

E – степень черноты, принимаем 0,8, для стального листа.

$$\alpha_2 = 2,6\sqrt{20,07 - 20} + 5,7 \frac{0,8 \left(\left(\frac{20,07 + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right)}{20,07 - 20} = 9607,35$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{b_i}{\lambda_i} = 2 \cdot \frac{0,0025}{56} + \frac{0,32}{0,042} = 7,62$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10,8} + \frac{1}{9607,35} + 7,62} = 0,129$$

$$Q_{2-6} = 3,6 * 0,129 * 905,78 * 10,5 * (50 - 20) = 132503 \text{ кДж.}$$

7) Потери тепла через крышку:

$$Q_{2-7} = 3,6 * k * F_{кр} * D_{п} * (t_{п.кр} - t_{oc}), \quad (69)$$

где $t_{п.кр.}$ – температура внутренней поверхности крышки;

$D_{п}$ – время подъема температуры, час;

$F_{кр}$ – площадь крышки, м²;

k – коэффициент теплопередачи, Вт/м²* град.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (70)$$

где $\alpha_{2кр}$ – коэффициент теплоотдачи от крышки к окружающей среде, Вт/м²*град.

$$\alpha_{2.кр} = 3,3 * \alpha_{к}, \quad (71)$$

где b_i – толщина слоев крышки, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности слоев, Вт/м · град,

3,3 – коэффициент, учитывающий расположение ограждающей конструкции;

$t_{ст}$ – температура наружной поверхности крышки, °С;

$t_{ос}$ – температура окружающей среды, °С.

$$\alpha_{2.кр} = 3,3 \cdot 10,103 = 33,34$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{90} + \frac{1}{33.34} + \frac{2 * 0.0025}{56} + \frac{0.095}{0.042}} = 0.434$$

$$Q_{2-7} = 3,6 * 0,434 * 12,65 * 10,78 * 10,5 * (50 - 20) = 67114 \text{ кДж.}$$

8) Потери тепла на испарение части воды затворения и нагрев водяных паров:

$$Q_{2-8} = G_{ви} * (r + c_{вп} * t(1 - 2)_{би}), \quad (72)$$

где r – скрытая теплота парообразования, 2382,18 кДж/кг,

$c_{вп}$ – теплоемкость водяного пара, 8,0752 кДж/кг град.

$$Q_{2-8} = 3022 * (2382,18 + 8,0752 * 45) = 8297094 \text{ кДж}$$

9) Тепло, уносимое конденсатом:

$$Q_{2-9} = G_{к} * c_{к} * t_{из}, \quad (73)$$

где $G_{к} = G_1 - G_{св} - G_{пр}$;

$G_{пр}$ – потери пара через неплотности установки в атмосферу 0.1...0.2 от общего расхода пара за период;

$G_{св}$ – масса пара, заполняющего свободный объем камеры.

$$G_{св} = \rho_{п} * (V_{к} - V_{бк} - V_{ф}), \quad (74)$$

где $\rho_{\text{п}}$ – плотность пара при средней температуре в камере в период подъема температуры, $0,083022 \text{ кг/м}^3$;

$c_{\text{к}}$ – удельная теплоемкость конденсата, $4,19 \text{ кДж/кг}^{\circ}\text{град}$.

$$G_{\text{св}} = 0,083022 \cdot (1636 - 43,8 - 34,8) = 129 \text{ кг}$$

$$G_{\text{к}} = G_1 - 129 - 0,1G_1 = 0,9G_1 - 129 \text{ кг}$$

$$Q_{2-9} = (0,9G_1 - 129) \cdot 4,19 \cdot 50 = 188,55G_1 - 27026 \text{ кДж.}$$

10) Потери тепла с паром, уходящим через неплотности установки:

$$Q_{2-10} = G_{\text{пр}} \cdot c_{\text{п}} \cdot t_{(1-2)\text{из}}, \quad (75)$$

где $c_{\text{п}}$ – удельная теплоемкость пара, $8,0752 \text{ кДж/кг}^{\circ}\text{град}$

$$Q_{2-10} = 0,1G_1 \cdot 8,0752 \cdot 50 = 40,376G_1 \text{ кДж.}$$

11) Расход тепла на нагрев паровоздушной смеси, заполняющей свободный, объем камеры:

$$Q_{2-11} = G_{\text{св}} \cdot c_{\text{п}} \cdot t_{\text{из}}. \quad (76)$$

$$Q_{2-11} = 129 \cdot 8,0752 \cdot 50 = 52085 \text{ кДж.}$$

Сумма расходных статей:

$$Q_{2\text{п}} = \sum Q_{2-i}. \quad (77)$$

$$Q_{2\text{п}} = 5402338 + 1455229 + 78257 + 5812560 + 1525247,74 + 132503 + 671114 + 829709 \\ + 4 + 188,55G_1 - 27026 + 40,376G_1 + 52085 = 22795402 + 228,926 G_1.$$

Уравнение теплового баланса для периода выдержки:

$$Q_{1\text{п}} = Q_{2\text{п}}. \quad (78)$$

Решая данное уравнение определяется расход теплоносителя, поданного в камеру в период изотермической выдержки – G_2 :

$$14273631 + 2626,29G_1 = 22795402 + 228,926G_1$$

$$2397,364G_1 = 8521771$$

$$G_1 = 3554,64 \text{ кДж.}$$

Среднечасовой расход теплоносителя, кг/ч:

$$G_{1\text{с}} = G_1 / D_{\text{у}}. \quad (79)$$

$$G_{1\text{с}} = 3554,64 / 10,5 = 338,5.$$

Удельный расход воды на тепловую обработку, кг/м^3 :

$$G_{yn} = \frac{G_1}{V_{ок}} \quad (80)$$

$$G_{yn} = 3554,64/43,8 = 81,16 \text{ кг/м}^3.$$

Так как удельный расход воды $81,16 < 170 \text{ кг/м}^3$, то необходимости в изменении конструктивного решения ограждений тепловой установки или режима тепловой обработки нет.

Таблица 16 – Расход тепла

№ статьи	Обозначение статьи	Наименование	Единица тепла	%
1-1	Q ₁₋₁	Теплосодержание сухой части бетонной смеси, поступившей в зону	5402338	22,89
	Q ₁₋₂	Теплосодержание влаги, содержащейся в бетонной смеси	1455229	6,16
	Q ₁₋₃	Теплосодержание арматуры и закладных деталей изделий, загруженных в камеру	78257	0,33
	Q ₁₋₄	Теплосодержание форм	5812560	24,62
	Q ₁₋₅	Тепло материалов ограждений	1525247,74	6,46
	Q ₁₋₆	Тепло вносимое теплоносителем	9335515,49	39,54
	Итого:			23609146,7
2-2	Q ₂₋₁	На нагрев сухих материалов	5 402 338	22,89
	Q ₂₋₂	На нагрев воды в бетонной смеси	1 455 229	6,16
	Q ₂₋₃	На нагрев арматуры и закладных деталей	78 257	0,33
	Q ₂₋₄	На нагрев форм	5 812 560	24,62
	Q ₂₋₅	На нагрев материалов ограждений	1 525 247,74	6,46

Окончание таблицы 16

№ статьи	Обозначение статьи	Наименование	Единица тепла	%
	Q ₂₋₆	Потери тепла в окружающую среду через стены	132 503	0,57
	Q ₂₋₇	Потери тепла через крышку	67 114	0,28
	Q ₂₋₈	Потери тепла на испарение части воды затворения и нагрев водяных паров	8 297 094	35,14
	Q ₂₋₉	Тепло, уносимое конденсатом	643 201	2,72
	Q ₂₋₁₀	Потери тепла с паром, уходящим через неплотности установки	143 496	0,61
	Q ₂₋₁₁	Расход тепла на нагрев паровоздушной смеси, заполняющей свободный объем камеры	52 085	0,22
Итого:			23609146,7	100

11 АВТОМАТИЗАЦИЯ КАМЕРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

11.1 Общие сведения

Тепловая обработка является главным процессом, ускоряющим твердение железобетонных изделий. Основной целью автоматического контроля и управления этим процессом является соблюдение заданного режима тепловой обработки и минимизация расхода энергии.

Предъявляемые требования к системам автоматического регулирования тепловой обработки:

- точность и стабильность регулирования режима ТО;
- постоянность автоматического контроля и записи;
- надежность работы в заданных условиях;
- экономичность;
- простота в монтаже.

Действующая на ООО «Бетотек» камера тепловой обработки снабжается горячей водой, которая циркулирует по змеевикам и поддерживает заданный температурный режим в камере.

Давление воды в трубопроводах должно постоянно контролироваться при помощи сигнализирующих манометров.

Также необходимо предусмотреть контроль температуры и уровня влажности в камере тепловой обработки.

Регулирование и управление процесса тепловой обработки осуществляется по трем системам: стабилизирующей, программной и следящей. Стабилизирующая система поддерживает необходимые параметры на заданном задатчиком уровне. Система программного регулирования – регулирование параметров по заданной программе. Следящая система изменяет регулируемый параметр в полном соответствии с изменением другой независимой функции.

Регулирование системы можно производить автоматически, полуавтоматически и вручную.

Главным недостатком ручного управления является резкие колебания параметров тепловой обработки, что приводит к снижению качества железобетонных изделий.

Полуавтоматическое регулирование чаще всего регулирует уровень влажности и температуры в период изотермического прогрева. В период подогрева и охлаждения данные параметры не контролируются.

Система автоматического регулирования температурного режима оборудована: датчиками, измеряющими фактическую температуру и влажность среды, программным устройством, электронными регуляторами и исполнительными механизмами.

Системы с программным электронным регулятором влажности и температуры обеспечивают высокую точность, устойчивость регулирования режима и автоматический контроль процесса тепловой обработки. Электронные регуляторы позволяют осуществлять централизованное дистанционное управление тепловой обработки железобетонных изделий. Данные системы являются экономичными и удобными в обслуживании.

Автоматическое регулирование подачи теплоносителя в камеру позволяет точно контролировать заданный режим тепловой обработки, благодаря чему улучшается качество изделия и достигается существенная экономия теплоносителя.

Цель автоматизации производственного процесса:

- обеспечить максимальную экономию энергетических ресурсов;
- сократить количество ручных операций;
- улучшить условия труда при управлении процессами;
- повысить технико-экономические показатели производства.

11.2 Автоматизация камеры тепловой обработки

Для обеспечения максимальной эффективности автоматизации тепловой установки необходимо правильно подобрать регулируемые параметры и обеспечить стабильное снабжение водой.

Стабилизация водоснабжения достигается путем установки на трубопроводе прибора, показывающего и регулирующего перепады давления.

Для регулирования режима тепловой обработки применяются электронные регуляторы Гигрометр-38С5.

Устанавливаемые приборы:

1) Программный регулятор температуры и влажности Гигрометр-38С5

Регулятор предназначен для контроля и регулирования показателей температуры и влажности воздуха в процессе тепловой обработки железобетонных изделий в камере ТО.

Общий вид прибора Гигрометр-38С5 представлен на рисунке 25.



Рисунок 25 – Гигрометр-38С5

Технические характеристики прибора:

- диапазон температур измерения от 40 до 85 °С;
- максимальное время одного цикла 24 часа;
- погрешность измерения $\pm 0,5\%$;
- напряжение питания 220В;
- габаритные размеры: длина – 96 мм; высота – 96 мм; ширина – 92 мм.

2) Манометр электроконтактный ЭКМ-1У

Манометр, показывающий электроконтактный, применяется для контроля уровня давления воды в трубопроводе. Прибор изготавливают с замыка-

ющими и размыкающими контактами сигнального устройства, имеющими установку на срабатывание при нижнем и верхнем значениях давления.

Общий вид прибора ЭКМ-1У представлен на рисунке 26.



Рисунок 26 – ЭКМ-1У

Технические характеристики прибора:

- класс точности прибора 1,5%;
- пределы измерения до 6 МПа;
- напряжение питания 220 В;
- диаметр корпуса 160 мм;
- масса прибора 1,6 кг.

3) Термометр ТКП-100

Термометр электронный предназначен для постоянного измерения уровня температуры воды в водопроводе.

Принцип действия термометра основан на строгой зависимости между температурой воды и давлением насыщенных паров заполнителя термосистемы, находящегося в герметично замкнутой манометрической термосистеме.

Общий вид прибора ТКП-100 представлен на рисунке 27.



Рисунок 27 – ТКП-100

Технические характеристики прибора:

- диапазон измерения от -25 до 75 °С;
- наполнитель термосистемы – хладон;
- класс точности прибора 1,5%;
- диаметр термоболона 12 мм;
- масса прибора 2,5 кг.

4) Прибор для измерения расхода воды ModMag M1000

Прибор предназначен для измерения расхода воды за установленный интервал времени.

Общий вид прибора ModMag M1000 представлен на рисунке 28.



Рисунок 28 – ModMag M1000

Технические характеристики прибора:

- напряжение питания 220В,
- точность $\pm 0,3\%$,
- скорость потока от 0,03 до 12 м/с,
- давление измеряемой среды до 40 МПа,
- типоразмер DN6...DN200,

11.3 Описание функциональной схемы автоматизации процесса тепловой обработки

Схема автоматизации тепловой камеры представлена на рисунке 29.

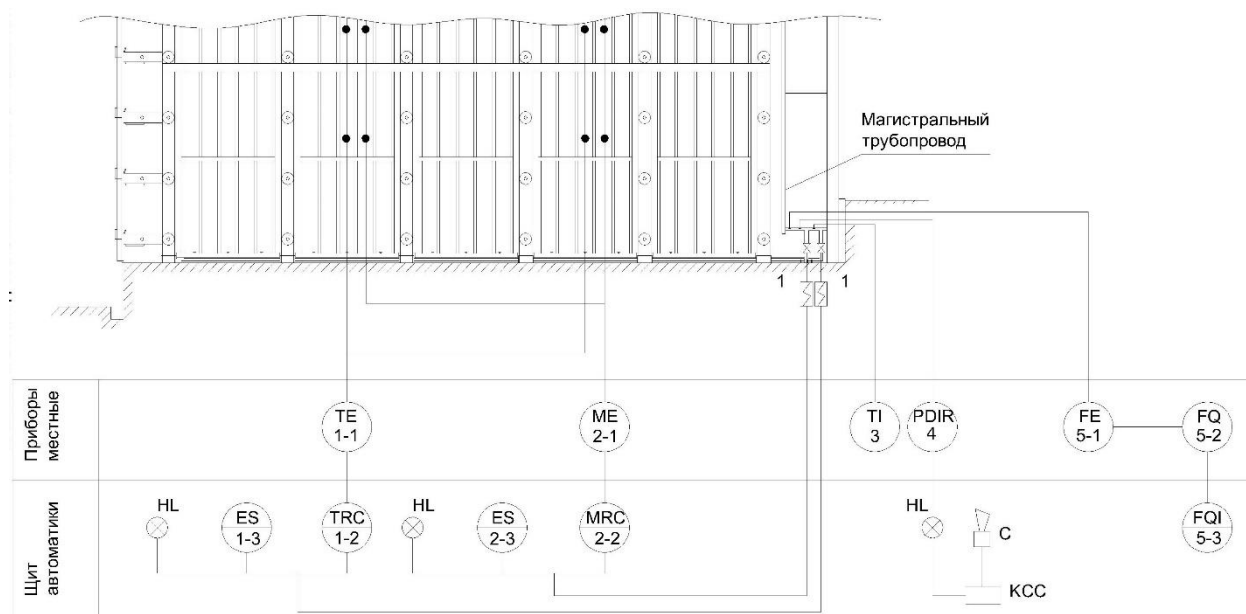


Рисунок 29 – Схема автоматизации тепловой камеры

1 – регулирующий орган с исполнительным механизмом;

FE – первичный преобразователь расхода воды в электрическую величину;

FQ – прибор для измерения расхода воды, интегрирующий;

FQI – показывающий прибор расхода воды за установленный интервал времени;

PDIR – прибор показывающий и регулирующий перепады давления в трубопроводе;

TI – термометр электродный, показывающий температуру воды в магистрали;

TE – первичный преобразователь температуры в электрический сигнал;

TRC – прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий;

ES – преобразователь электрического сигнала в сигнал включения электромагнитного клапана;

ME – первичный преобразователь уровня влажности воздуха в электрический сигнал;

MRC – прибор для измерения влажности воздуха регистрирующий, регулирующий;

HL – сигнальная лампа;

С – сигнализация, сообщающая о спаде или повышении давления воды в трубопроводе;

КСС – кнопка отключения звуковой сигнализации.

Элементы щита и пульта управления изображаются на функциональной схеме автоматизации. В верхней части функциональной схемы приводится схема процесса или объекта управления и условного обозначения датчиков прибора измерения технологического параметра.

Вторичные приборы контроля и управления изображаются в нижней части функциональной схемы.

На трубопроводе установлен первичный преобразователь расхода воды в электрическую величину FE 5-1 который передает сигнал в интегратор расхода воды FQ 5-2. Интегратор производит перерасчет поступивших данных к значениям расхода воды и отправляет их к показывающему прибору на пульте управления FQI 5-3.

Контроль температуры воздуха в камере тепловой обработки осуществляется при помощи первичных преобразователей температуры в электрический сигнал TE 1-1 и вторичных приборов для измерения температуры TRC 1-2, которые регистрируют и регулируют значения температуры. Термопара TE 1-1 преобразует температуру в электрический сигнал и отправляет его на самопишущий регулятор температуры TRC 1-2. Регулятор направляет сигнал в преобразователь электрического сигнала в сигнал включения электромагнитного пускателя ES 1-3. Далее сигнал направляется к исполнительному механизму, который в зависимости от полученного сигнала воздействует на клапан. Клапан регулирует подачу теплоносителя в змеевик. При включении магнитного пускателя происходит открытие клапана, увеличивающего подачу воды.

Контроль влажности воздуха в камере тепловой обработки осуществляется при помощи первичных преобразователей уровня влажности в электрический сигнал ME 2-1 и вторичных приборов для измерения уровня влажности MRC 2-2, которые регистрируют и регулируют значения влажности воздуха. ME 2-1 преобразует значения в электрический сигнал и отправляет его на самопишущий регу-

лятор влажности MRC 2-2. Регулятор направляет сигнал в преобразователь электрического сигнала в сигнал включения электромагнитного пускателя ES 2-3. Далее сигнал направляется к исполнительному механизму, который в зависимости от полученного сигнала воздействует на клапан. Клапан регулирует подачу воды в распылители. При включении магнитного пускателя происходит открытие клапана, увеличивающего подачу воды.

Термометр электроконтактный ТІ 3 установлен по месту и показывает температуру воды в магистрали.

Контроль давления воды в водопроводе производится при помощи электромагнитного манометра PDIR 4. Данный прибор измеряет и показывает давление. При понижении или повышении давления воды в водопроводе загорается сигнальная лампа НЛ и раздается звуковой сигнал.

12 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

12.1 Общая характеристика участка производства дорожных плит

Параметры промышленного здания должны удовлетворять требованиям указанных в СП56.13330.2011 - «Производственные здания».

Производственный цех по производству железобетонных дорожных плит относится к категории «Д», степень ШБ.

Архитектурные решения зданий приняты с учетом характера окружающей застройки, климатических и градостроительных условий района строительства.

Геометрические параметры здания, такие как шаг колонн и модульные размеры пролетов, должны соответствовать требованиям указанных в ГОСТ 23838-89.

Размещенные в производственных зданиях склады полуфабрикатов, сырья и готовой продукции должны соответствовать требованиям указанных в СП57.13330-2010.

12.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Завод ООО «Бетотек» относится к числу предприятий, на которых техника безопасности и производственная санитария являются важнейшими критериями сохранения здоровья работающих на данном предприятии. В результате производства в цеху образуются выделения пыли, тепла и вредных газов. В формовочных цехах расположены виброустановки, которые являются источниками шума и вибраций.

К вредным факторам промышленного производства можно отнести микроклимат, вибрацию, шум, освещение и выделение вредных веществ. К опасным факторам промышленного производства относятся электрический ток, движущиеся машины и пожароопасность.

12.3 Микроклимат

Работоспособность и самочувствие человека главным образом зависит от микроклимата рабочей зоны, который, в свою очередь, зависит от сочетания трех параметров: температуры воздуха, скорости движения воздуха в помещении, относительной влажности воздуха и интенсивности теплового излучения.

Допустимые нормы микроклимата рабочей зоны указаны в таблице 17.

Таблица 17 – Допустимые нормы микроклимата рабочей зоны

Период года	Категория работ	Оптимальные нормы			Допустимые нормы		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Средней тяжести ПБ	17-19	40-60	0,2	21	75	Не более 0,4
Теплый	Средней тяжести ПБ	20-22	40-60	0,3	27	70 (при 25 °С)	0,2 – 0,5

Предельные значения влажности при температуре воздуха:

- $t=30\text{ °С}$, $\omega=85\%$;
- $t=40\text{ °С}$, $\omega=30\%$.

Все производственные помещения завода отапливаются.

Основным источником тепловыделения в производственном цехе является камера тепловой обработки изделий, в стенках которой находятся трубы с водой $t = 55\text{ °С}$.

Для поддержания требуемых параметров микроклимата используется вентиляция. Аэрация в цехе осуществляется при помощи световых проемов, которые расположены в два ряда по всей длине здания. В летнее время в нижний ряд окон поступает воздух, нагреваясь, он поднимается вверх и удаляется через верхний ряд. В зимнее время окна закрываются, и в помещении сохраняется тепло. Для предотвращения проникновения в помещение холодного воздуха через проемы и двери зимой на входе устанавливают воздушно-тепловые завесы.

12.4 Освещение

Степень освещенности рабочего места должна отвечать условиям оптимальной работы зрения при заданных размерах объекта различия.

Правильное обустройство световых приборов на рабочем месте обеспечит требуемую видимость и создаст благоприятные условия труда для рабочих.

Вредные и опасные факторы, связанные с неудовлетворительной степенью освещенности рабочего места:

- недостаток или отсутствие естественного света;
- недостаток освещенности рабочей зоны;
- повышенная яркость света;
- пониженная контрастность;
- отраженная и прямая блёскость;
- повышенная пульсация светового потока.

Воздействие вышеперечисленных факторов вызывает быстрое утомление рабочих, ухудшение зрения, притупляет внимание, понижает производительность труда, а также может стать причиной несчастного случая.

Уровень освещенности рабочего места должен соответствовать характеру выполнения зрительных работ. Для обеспечения равномерности распределения яркости на рабочем месте используют при естественном освещении комбинированное освещение, а при искусственном освещении общее и местное освещение. В цехе имеется естественное и искусственное освещение.

Естественное освещение осуществляется через световые проемы в стенах здания, также применяют комбинированное освещение. Искусственное освещение необходимо в ночное время, а также в местах со слабой освещенностью. Для общего освещения рабочих помещений применяют лампы накаливания и люминесцентные лампы.

На случай аварии на участке предусмотрено аварийное освещение. В ночное время суток с целью охраны территории предусмотрено охранное освещение.

12.5 Вибрация

На предприятии ООО «Бетотек» расположены оборудования и машины, создающие вибрацию. Вибрация может передаваться на рабочие места, тем самым оказывая вредные воздействия на рабочих.

Основным источником вибрации в цехе является пост формования изделий. На данном посту расположена виброустановка и бетоноукладчик. При работе данного оборудования образуются низкочастотные вибрации. Длительное воздействие вибраций на человека приводит к развитию вибрационной болезни, резкому снижению чувствительности кожи рук и головокружению.

Допустимый уровень вибрации устанавливается для восьмичасового рабочего дня. В случае превышения допуска продолжительность воздействия вибрации на рабочего сокращаются. Нормирование воздействия вибрации на рабочего производится по показателям виброускорения и виброскорости.

Меры по защите рабочего от воздействий вибрации:

- технические;
- организационные;
- санитарно-гигиенические;
- лечебно-профилактические.

На предприятии выполняются следующие условия: к эксплуатации допускаются только исправные машины, рабочие, подвергающиеся действию вибрации, не привлекаются к сверхурочным работам, к работе с вибрирующими машинами допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, имеющие соответствующую квалификацию и сдавшие технический минимум по правилам безопасного выполнения работ, работающие обеспечиваются индивидуальными средствами защиты от вибрации и шума, на предприятии организованы участки по ремонту вибрационных машин.

К индивидуальным средствам защиты рабочих от вибраций относятся:

- рабочая обувь на толстой подошве из губчатой резины;
- наушники;

- вибровкладыши;
- резиновые перчатки.

Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с ²	дБ	м/с ² *10 ⁻²	дБ
5	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения, и их уровни	2,0	126	2,0	112

12.6 Шум

Шум возникает в результате работы, перемещения, трения и соударения различного производственного оборудования.

Продолжительное воздействие шума на человека приводит к утомляемости, головной боли, резкому понижению остроты слуха, снижению остроты зрения, изменению ритма дыхания, повышению кровяного давления, ослаблению внимания, снижению работоспособности и нарушению координации.

Основным способом нормирования шума является уменьшение звуковой энергии, воздействующей на рабочего в течение рабочей смены.

В целях понижения уровня шума, издаваемых механическим оборудованием, применяются смазочные и прокладочные материалы.

Коллективным методом защиты от производственного шума являются:

- звукопоглощающие облицовки, кожухи, перегородки,
- вкладыши,
- наушники,
- шлемофоны.

12.7 Вредные вещества

Главным вредным веществом на предприятии ООО «Бетотек» является тонкодисперсная пыль. Концентрация вредных веществ не должна превышать предельно-допустимой.

Предельно-допустимой концентрацией цемента в воздухе не должна превышать 6 мг/м.

Для обеспечения требуемых норм содержания вредных веществ в воздухе на предприятии используется естественная вентиляция и система аспирации. Также все рабочие оснащены респираторами для индивидуальной защиты.

12.8 Электробезопасность

Электробезопасность обеспечивается конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Конструктивные меры защиты:

- зануление;
- заземление;
- защитное отключение;
- применение малых напряжений;

– контроль изоляции.

Зануление производят на случай повреждения изоляции и возможности замыкания тока на металлических частях электроустановок с изолированным нулем.

Все пусковые устройства должны быть оборудованы защитными кожухами и помещены в запирающиеся ящики.

Защитное отключение производится автоматически при возникновении опасного напряжения на металлических частях оборудования.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме работы электроустановки не должны превышать значений, указанных в таблице 19.

Таблица 19 – Предельные значения напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека

Род тока	U, В	I, мА
Переменный, 50 Гц	<2	<0,3
Переменный, 400 Гц	<3	<0,4
Постоянный	<8	<1,0

Общие правила электробезопасности:

- не допускается включение в сеть неисправного оборудования,
- не прикасаться одновременно к электроагрегатам установки и к устройствам с естественным заземлением,
- отключать установку на время профилактических работ, устранения неисправностей.

К работе с электрооборудованием допускаются только рабочие, имеющие соответствующую квалификацию и прошедшие специальное обучение.

12.9 Пожаробезопасность

Противопожарная защита достигается путем применения различных видов систем пожаротушения и пожарной техники (огнетушитель, пожарный инвен-

тарь). В производственном помещении установлен щит с ведрами, емкостью с песком и огнетушителями.

Основным источником пожара является поврежденная изоляция, заземления, обрыв провода на электроприборах. Для тушения данного типа пожара применяют песок, порошковые огнетушители и огнетушители с CO₂.

Каждое помещение предприятия должно быть оборудовано системой предупреждения пожаров, планом эвакуации и пожарными выходами.

Каждый работник предприятия в обязательном порядке должен пройти инструктаж по пожарной безопасности.

12.10 Охрана окружающей среды

Загрязнение окружающей среды приводит к повышению концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе и водном бассейне. Загрязнение воздуха является причиной острых респираторных заболеваний.

Перечень образующихся отходов производства приведен в таблицах 20 и 21.

Таблица 20 – Перечень образующихся отходов

Наименование отходов	Опасные свойства отхода	Класс отхода	Количество, т (м ³)
Отработанные люминесцентные лампы	Токсичность	1	0,03
Масла моторные отработанные	Пожароопасность	3	0,19
Обтирочный материал, загрязненный маслами с содержанием более 15%	Токсичность, пожароопасность	3	0,06
Итого 3 класса			0,25
Смет с территории	Экотоксичность	4	0,5
Мусор от бытовых помещений организаций несортированный	Экотоксичность	4	17,5
Итого 4 класса			18,0

Окончание таблицы 20

Наименование отходов	Опасные свойства отхода	Класс отхода	Количество, т (м3)
Текстиль загрязненный	Экотоксичность	5	0,46
Отходы бетона в кусковой форме	Экотоксичность	5	400
Отходы упаковки	Экотоксичность	5	1,3
Лом чёрных цветных металлов несортированный	Экотоксичность	5	17,4
Итого 5 класса			419

Таблица 21 – Сбросы вредных веществ в атмосферный воздух стационарными объектами

Наименование вещества	Ед. изм.	Установленный		Фактический сброс вредного вещества
		пдв	всв	
Пыль неорганическая SiO ₂	т.	3	0	3
Пыль полиэтиленовая	т.	0,01	0	0,01
Пыль абразивная	т.	0,003	0	0,003
Оксид углерода	т.	1,72	0	1,72

Отработанная вода с производства стекает по каналам и попадает в отстойник.

Ввиду незначительного расхода воды и небольшого уклона полов, взвешенные частицы большей частью оседают до отстойника, и их нужно регулярно собирать в специальные контейнеры для отходов.

При сухой уборке с дорожек нагрузка на отстойник снижается, вода успевает отстояться и может сливаться в канализацию.

ООО «Бетотек» как источник загрязнения окружающей среды, располагается по отношению к жилому массиву с подветренной стороны и разделен с ним санитарно-защитной зоной. Класс предприятия III – санитарно-защитная зона 300 м. Защитная зона озеленяется, зелень служит барьером, защищающим от пыли, дыма, газов и т.п.

Для обеспечения требуемой защиты окружающей среды от вредных воздействий производства разработан комплекс мероприятий по ограничению выбросов

отходов производства железобетонных изделий с последующей их утилизацией. Он заключается в организации улавливания и очистке выбросов в окружающую среду (системы водоснабжения с замкнутым циклом, станции биологической, физико-химической очистки сточных вод, газопылеулавливающие установки, установки, предназначенные для утилизации отходов производства, служащие для получения готовой продукции из этих веществ).

13 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНЫХ ПЛИТ

При экономической оценке проектных решений определяется заводская себестоимость продукции, которая складывается из стоимости материалов и себестоимости их переработки с учетом затрат на амортизацию оборудования.

Себестоимость 1 м³ изделия рассчитывается по формуле:

$$C_{и} = C_{б} + \Sigma C_{ст} + C_{о} + C_{в} + C_{э} + C_{об} + Z, \quad (81)$$

где $C_{б}$ – себестоимость 1 м³ бетонной смеси, руб.;

$$C_{б} = 2830,94 \text{ руб. за } 1 \text{ м}^3$$

Расчет себестоимости бетонной смеси представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет себестоимости бетонной смеси.

Наименование	Потребность, кг.	Цена, руб./кг.	Стоимость, руб.
Вода	111,4	0,354	3,94
Цемент	406,3	3,4	1381,42
Щебень	1286,9	0,725	933
Песок	541,5	0,6	324,9
Добавка	2,04	92	187,68
Итого:			2830,94

$\Sigma C_{ст}$ – суммарная цена всех видов арматурной стали, расходуемой на 1 м³ изделий, руб.;

$$\Sigma C_{ст} = (36,49 * 17,28 + 37 * 1,2 + 37,49 * 2,28 + 37,49 * 14,04 + 38,19 * 1,4 + 37,39 * 31,28 + 40,29 * 53,28) / 1,46 = 3189,36 \text{ руб. на } 1 \text{ м}^3 \text{ изделий.}$$

$C_{о}$ – затраты на содержание и эксплуатацию форм, руб., на 1 м³ бетона изделий.

$$C_{о} = C_{ф} * 0,2 / P, \quad (82)$$

где $C_{ф}$ – стоимость форм, руб., $C_{ф} = 26892000$ руб.

$$C_{о} = 235,09 \text{ руб. на } 1 \text{ м}^3 \text{ изделий.}$$

$C_{в}$ – себестоимость воды для тепловлажностной обработки 1 м³ изделий, руб.,

$$C_{в} = C_{в} * P_{в}, \quad (83)$$

где C_v – стоимость воды, руб./л., $C_v = 0,16$ руб./л.;

P_v – расход воды на тепловую обработку 1 м^3 изделий, $P_v = 81,16$ л/м³.

$$C_v = 0,16 * 81,16 = 12,99 \text{ руб. на } 1 \text{ м}^3 \text{ изделий.}$$

$C_{\text{э}}$ – себестоимость электроэнергии, расходуемой на 1 м^3 изделий, руб.,

$$C_{\text{э}} = (\text{Э} + \text{Э}_1) * \text{Ц}_{\text{э}}. \quad (84)$$

Удельный расход силовой электроэнергии Э (кВт*ч/м³) определяют исходя из суммарной мощности токоприемников, имеющих на технологической линии и количества часов работы линии в год:

$$\text{Э} = 0,3 * F * h * V_p / P, \quad (85)$$

где F – суммарная мощность токоприемников (кВт), кроме установок для электронагрева арматуры, $F = 1085,3$ кВт;

h – число рабочих часов в сутки, $h = 23$ ч.;

V_p – число рабочих суток в году, $V_p = 352$ сут.;

P – годовая производительность предприятия, м³, $P = 22878$ м³/год;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – стоимость электроэнергии, руб./кВт*ч, $\text{Ц}_{\text{э}} = 3,17$ руб./кВт*ч.

$$\text{Э} = 0,3 * 1085,3 * 23 * 352 / 22878 = 115,22 \text{ кВт*ч/м}^3.$$

Удельный расход электроэнергии (кВт*ч/м³) для нагрева арматуры при электротермическом напряжении:

$$\text{Э}_1 = 80 * A_a, \quad (86)$$

где A_a – масса нагреваемой арматуры (т) на 1 м^3 изделий, $A_a = 0,036$ т.

$$\text{Э}_1 = 80 * 0,036 = 2,88 \text{ кВт*ч/м}^3.$$

$$C_{\text{э}} = (115,22 + 2,88) * 3,17 = 374,38 \text{ руб. на } 1 \text{ м}^3 \text{ изделий.}$$

$C_{\text{об}}$ – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.,

$$C_{\text{об}} = 3,2 * \Sigma A_{\text{об}} / P, \quad (87)$$

где $\Sigma A_{\text{об}}$ – сумма отчислений на амортизацию технологического оборудования формовочного цеха, руб. Расчет амортизационных отчислений приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Количество, шт.	Стоимость с учетом доставки и монтажа, руб.	Амортизационные отчисления, руб.
СМЖ-164	1	309233	64938,93
СМЖ-129	1	509030	106896,3
СМЖ-128Б	1	733025	153935,25
Траверса	2	374714	78689,94
Кантователь	1	462160	97053,6
Формы	27	27698760	5816739,6
Итого:		30086922	6318253,62

$$C_{об} = 3,2 * 6318253,62 / 22878 = 883,75 \text{ руб. на } 1 \text{ м}^3 \text{ изделий.}$$

Z – полная заработная плата рабочих, руб. на 1 м³ изделий, Z = 295,5 руб. на 1 м³ изделий.

$$C_{и} = 2830,94 + 3189,36 + 235,09 + 12,99 + 374,38 + 883,75 + 295,5 = 7822,01 \text{ руб./м}^3 \text{ изделия.}$$

Помимо себестоимости изготовления изделий одним из основных критериев оценки проектных решений являются приведенные затраты:

$$П = C_{и} + 0,15 * \Sigma К, \quad (88)$$

где $\Sigma К$ – удельные капитальные вложения, руб.

$\Sigma К$ включает стоимость технологического оборудования, форм и оснастки формовочного цеха, отнесенную к 1 м³ изделий, то есть деленную на годовую производительность предприятия в м³.

$$\Sigma К = 30086922 / 22878 = 1315,1 \text{ руб.}$$

$$П = 7822,01 + 0,15 * 1315,1 = 8019,28 \text{ руб.}$$

Годовая прибыль предприятия:

$$П_{р} = (C_{и} - C_{и}) * P, \quad (89)$$

где $C_{и}$ – цена 1 м³ железобетонного изделия, руб., $C_{и} = 8698,63 \text{ руб./м}^3$.

$$П_{р} = (8698,63 - 7822,01) * 22878 = 20055312,4 \text{ руб. в год.}$$

Срок окупаемости в годах должен быть не более 6,5 лет для рентабельных

предприятий и определяется:

$$T = P * \Sigma K / \text{Пр}, \quad (90)$$

$$T = 22878 * 1315,1 / 20055312,4 = 1,5 \text{ года.}$$

Технико-экономические показатели производства дорожных плит представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения
Годовой выпуск продукции	м ³	22 878
Годовая выработка на одного рабочего	м ³ /чел.	1 144
Себестоимость 1 м ³ изделия	руб./м ³	7822,01
Приведенные затраты	руб./м ³	8019,28
Прибыль	руб.	20055312,4
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	1,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью проекта является расширение выпускаемой номенклатуры железобетонных изделий. Исходя из высокого спроса в России на железобетонные дорожные плиты было принято решение модернизировать имеющуюся технологическую линию под выпуск дорожных плит.

В ходе выполнения проекта были разработаны следующие технологические задачи:

- анализ действующей на текущее время линии циркуляции поддонов, которая расположена в формовочном цехе №1 на ООО «Бетотек» и способ ее модернизации под выпуск предварительно напряженных дорожных плит 1П60.18-30AIV;

- разработка технологической схемы производства дорожных плит на линии циркуляции поддонов;

- подбор необходимого технологического оборудования;

- подбор состава бетонной смеси и расчет степени напряжения арматурных стержней электротермическим способом;

- разработка организации, оптимизации и автоматизации производственных процессов;

- произведен теплотехнический расчет камеры тепловой обработки;

- произведена технико-экономическая оценка производства предварительно напряженных дорожных плит на линии циркуляции паллет.

По результатам технико-экономической оценки производства срок окупаемости капиталовложений при модернизации составил 1,5 года, что говорит о рентабельности данной модернизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Баженов, Ю.М. Технология бетонных и железобетонных изделий / Ю.М. Баженов, А.Г. Комар. – М.: Стройиздат, 1984. – 672 с.
- 2) Бауман, В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: учебник для вузов / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – М.: Машиностроение, 1981. – 321 с.
- 3) ГОСТ 10922-2012. Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязанные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 32 с.
- 4) ГОСТ 13015-2012. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 41 с.
- 5) ГОСТ 21924.1-84. Плиты железобетонные предварительно напряженные для покрытий городских дорог. – М.: Изд-во стандартов, 2020. – 33 с.
- 6) ГОСТ 21924.3-84. Плиты железобетонные для покрытий городских дорог. – М.: Изд-во стандартов, 2020. – 57 с.
- 7) ГОСТ 23009-2016. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Условные обозначения. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 7 с.
- 8) ГОСТ 23732-2011. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 12 с.
- 9) ГОСТ 23838-89. Здания предприятий. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 11 с.
- 10) ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 12 с.
- 11) ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 12 с.
- 12) ГОСТ 30515-2013. Цементы. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 38 с.

13) ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 10 с.

14) ГОСТ 6727-80. Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 6 с.

15) ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 12 с.

16) ГОСТ 8568-77. Листы стальные с ромбическим и чечевичным рифлением. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 6 с.

17) ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 8 с.

18) Зайцев, В.А. Промышленная экология: учебное пособие. - 2-е изд.: учебное электронное издание / В.А. Зайцев. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний., 2015. – 385 с.

19) Машины и оборудование для производства сборного железобетона. Отраслевые каталоги. – М.: Минстройдормаш., 1983...1991.

20) ОНТП 07-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона. – М.: Минпромстрой, 2020. – 51 с.

21) Перегудов, В.В. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей / В.В. Перегудов, М.И. Роговой. – М.: Стройиздат, 1983. – 416 с

22) Пособие по технологии формования железобетонных изделий (к СНиП 3.09.01–85) / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1988. – 112 с.

23) Рекомендации по технико-экономической оценке способов изготовления железобетонных конструкций и изделий. – М.: НИИЖБ, 1988. – 197 с.

24) Сизов, В.Н. Технологий бетонных и железобетонных изделий / В.Н. Сизов. М.: Высшая школа, 1972г.

25) СП 12-135-2003. Безопасность труда в строительстве. Отраслевые типовые инструкции по охране труда. – М.: ГУП ЦПП, 2020. – 151 с.

26) СП 130.13330.2018. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. – М.: Стандартинформ, 2020. – 32 с.

27) СП 131.13330.2018. Строительная климатология. – М.: Стандартинформ, 2019. – 114 с.

28) СП 56.13330.2011. Производственные здания. – М.: Стандартинформ, 2020. – 17 с.

29) СП 57.13330-2010. Складские здания. – М.: Минрегион России, 2011. – 17 с.

30) Трофимов, Б.Я. Технология сборных железобетонных изделий: учебное пособие / Б.Я. Трофимов. – СПб.: Изд-во Лань, 2014. – 384 с.