Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Донской государственный технический университет»

Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсового проекта
по дисциплине «Технология железобетонных изделий и конструкций»
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»
профиля «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»
очной, заочной и очно-заочной форм обучения

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2022

УДК 666.982.07
Составитель: к.т.н., доц. Л.И. Касторных

Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология железобетонных изделий и конструкций». – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2022. – 34 с.

Методические указания регламентируют состав и содержание расчетно-графической пояснительной записки курсового проекта по дисциплине «Технология железобетонных изделий и конструкций», выполняемого обучающимися очной, заочной и очно-заочной форм по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» профиля «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

Рассматривают состав и содержание технологии производства железобетонных изделий, а также список нормативной и рекомендуемой технической литературы. Содержат образцы оформления технологических расчетов, графических моделей производства.

Разработаны на основании документа «Правила оформления и требования к содержанию курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ, введенного 30.12.2015 приказом ректора №227.

УДК 666.982.07

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Научный редактор канд. техн. наук, доцент А.В. Налимова

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» канд. техн. наук, доцент А. В. Налимова

В печать …….. г.
Формат 60×84/16. Объем 0,9 усл. п. л.
Тираж …. экз. Заказ № …….

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный технический университет, 2022

Содержание

1 Общие положения 4

2 Состав расчетно-пояснительной записки курсового проекта 5

3 Содержание расчетно-пояснительной записки 5

4 Пример оформления расчетно-пояснительной записки 7

Нормативные документы 32

Библиографический список 33

1 Общие положения

1.1 Задача настоящих методических указаний – установить единые правила и порядок оформления расчетно-пояснительной записки курсового проекта, выполняемой обучающимися по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» профиля «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

Курсовой проект (далее КП), выполняемый обучающимися на завершающей стадии, является комплексной самостоятельной работой, целью которой является проектирование технологической линии по производству строительного изделия (материала), разработка технологических процессов и решение организационных, экономических и экологических вопросов производства.

1.2 Методические указания разработаны в соответствии с Рабочей программой дисциплины «Технология железобетонных изделий и конструкций» по направлению подготовки «Строительство» профиля «Производство строительных материалов, изделий и конструкций». Указания разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.1101 Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации и ГОСТ 2.105 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам.

Методические указания содержат эталон, определяющий содержание и форму технологической части КП по производству железобетонных изделий и конструкций, в нем даны рекомендации и макет расчетно-пояснительной записки, объем и содержание таблиц для технологических расчетов, перечень графической части.

Эталон составлен для упрощения разработки технологии производства с целью регламентирования состава КП, унифицирования расчетов и текстовой части пояснительной записки.

2 Состав расчетно-пояснительной записки курсового проекта

2.1 В состав расчетно-пояснительной записки курсового проекта должны входить следующие разделы:

Введение

1 Общая часть

2 Технологические решения

3 Технико-экономические показатели проекта

Заключение

2.2 Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части (чертежей).

В расчетно-пояснительной записке по каждому разделу КП приводятся все данные, необходимые для описания технологии, расчеты и обоснования принятых решений, таблицы, схемы и другая техническая информация, положенная в основу работы.

Технологическая часть КП – 1 и 2 разделы – должны составляться в соответствии с настоящим эталоном, разработанным применительно к производству сборных бетонных и железобетонных изделий.

3 Содержание расчетно-пояснительной записки

Введение……

1 Общая часть ……..…….

1.1 Основные положения ……..

1.2 Сырье и материалы ……..

1.3 Характеристика базовой продукции …….…….

2 Технологические решения ……..……..…

2.1 Технологическая схема производства…….

2.2 Расчет основных параметров технологических режимов…….

2.2.1 Армирование изделий ……..…

2.2.2 Формование изделий ……..

2.2.3 Режим тепловой обработки ……...

2.3 Проектный состав бетона …….

2.4 Организация производства базовой продукции ……

2.5 Проектная производительность линии……

2.6 Расчет потребности производства в материалах и ресурсах ……

2.6.1 Потребность производства в бетонных смесях и материалах ……

2.6.2 Расход электроэнергии на технологические нужды ……

2.6.3 Потребность производства в тепловой энергии ……..

2.6.4 Расчет численности и состава работающих……..……

2.7 Контроль качества производства и готовой продукции……..

3 Технико-экономические показатели проекта……..……

3.1 Технико-экономические показатели проектного решения……

Заключение…….

Нормативные документы ……

Библиографический список …….

4 Пример оформления расчетно-пояснительной записки

1 Общая часть

1.1 Основные положения

1.1.1 В курсовом проекте (далее КП) разработано производство сборных бетонных и железобетонных изделий для строительства объектов …… назначения. Основанием для разработки курсового проекта явилось задание, выданное выпускающей кафедрой ТИЭС.

1.1.2 Проектируемая технологическая линия входит в состав завода по выпуску изделий для …… строительства. Проектируемое предприятие расположено в городе (поселке) …… .

Производство изделий организовано в … унифицированных пролетах размером 18х144 м, сблокированных с цехом по изготовлению арматурных элементов, бетоносмесительным цехом и складом готовой продукции.

Режим работы предприятия:

- номинальное количество рабочих суток в году, сут. – 260;
- то же, по выгрузке сырья с железнодорожного транспорта, сут. – 365;
- количество рабочих смен в сутки (без ТО) – 2;
- то же, для тепловой обработки – 3;
- продолжительность рабочей смены, ч – 8;
- годовой фонд работы технологического оборудования, сут. – 253.

1.2 Сырье и материалы

1.2.1 Цемент для приготовления бетонных смесей доставляется на предприятие железнодорожным транспортом с …… цементного завода и автотранспортом с …… завода. Предприятие использует вяжущие вида и классов: ЦЕМI 42.5Н и ЦЕМII/А-П 42,5Н, которые удовлетворяют требованиям ГОСТ 30515 и ГОСТ 31108.

Цементы относятся к «…» группе эффективности при тепловой обработке ($К_п$ = …). Цементы данной группы характеризуются …… темпом набора прочности, целесообразной температурой изотермического обогрева является $t_{из}$ = … °С. Характеристики цементов приведены в таблице 1.1.

Содержание в цементе естественных радионуклидов: A_{Ra} =… Бк/кг, A_{Th} = =… Бк/кг, A_K = … Бк/кг.

Таблица 1.1 – Характеристика цементов

Завод-изготовитель, класс	Прочность, МПа, в возрасте 28 сут.		Плотность истинная, г/см^3	Остаток на сите №008, %	НГЦТ, %	Минералогический состав, %			
	при сжатии	при изгибе				C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Новороссийский «Пролетарий» ЦЕМI 42.5Н	51,1	7,5	3,1	8,0	24,5	60 - 72	7 - 20	2 - 4	13 - 16
……	…	…	…	…	…	…	…	…	…

1.2.2 Н а п о л н и т е л ь ц е м е н т а – активная минеральная добавка – зола-уноса сухого отбора из электрофильтров, является отходом при сжигании углей на …… тепловой электростанции. Характеристика золы представлена в таблице 1.2. Содержание в золе естественных радионуклидов: A_{Ra} = … Бк/кг, A_{Th} = … Бк/кг, A_K = … Бк/кг.

Таблица 1.2 – Характеристика золы-уноса ……. ТЭС

Химический состав, %										Удельная поверхность, см^2/г	Месторождение топлива
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3 +FeO	CaO	$CaO_{св}$	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	*п.п.п.*		
50,0-55,4	19,4-22,5	9,3-14,3	3,5 - 7,7	До 2	0,7-1,7	0,9-1,5	3,7-5,1	1,1-8,4	3,7	2100	Донецкий угольный бассейн

1.2.3 К р у п н ы й з а п о л н и т е л ь – щебень из известняка (гравий, щебень из гравия, керамзитовый гравий) доставляется на предприятие железнодорожным транспортом с …… дробильно-сортировочного завода (карь-

ера) в виде двух фракций: 5 – 10 мм и 10 – 20 мм. Материалы соответствуют требованиям ГОСТ …… Прочность щебня (гравия) по дробимости …… позволяет готовить бетоны класса …… Количество пылевидных частиц в крупном заполнителе не превышает …… %.

Содержание в крупном заполнителе естественных радионуклидов: A_{Ra} = … Бк/кг, A_{Th} = … Бк/кг, A_K = … Бк/кг.

1.2.4 М е л к и й з а п о л н и т е л ь – песок кварцевый доставляется на завод с ……. карьера *автотранспортом*. Материал соответствует требованиям ГОСТ …… По модулю крупности ($M_{кр}$ = …) песок относится к группе…… Содержание в песке частиц, проходящих через сито с размерами 0,16 мм, до …… %; пылистых и глинистых частиц - …%.

Содержание в песке естественных радионуклидов: A_{Ra} = … Бк/кг, A_{Th} = … Бк/кг, A_K = … Бк/кг.

1.2.5 В о д а – чистая водопроводная подается на предприятие от *городской* водопроводной сети. Вода, используемая для затворения бетонных и растворных смесей, не содержит вредных примесей, препятствующих нормальному схватыванию и твердению цемента и соответствует требованиям ГОСТ 23732.

1.2.6 Х и м и ч е с к и е д о б а в к и. Пластифицирующая – лигносульфонат технический ЛСТ (ГОСТ……), доставляется на завод железнодорожным транспортом с *Вятского ЦБК в виде вязкой жидкости темно-коричневого цвета 30 % -ой концентрации*. Вводится в бетонные и растворные смеси в виде рабочего раствора *10 %-ой* концентрации в количестве *0,2 % массы цемента*.

1.2.7 Арматурная сталь – поступает на предприятие с *Красно-Сулинского* металлургического комбината по железной дороге. Сталь для изготовления арматурных элементов и закладных деталей соответствует требованиям ГОСТ 10884 и ГОСТ 6727.

1.2.8 Смазка для форм. Используется эмульсионная смазка ОЭ–2 состава: эмульсол кислый синтетический ЭКС (ТУ 38-101536) – 20 %, насыщенный раствор извести – 80 %.

1.3 Характеристика базовой продукции

1.3.1 В качестве базового изделия принята *плита покрытия дорог преднапряженная марки 1П60.38-30AV по ГОСТ 21924.1*.

Основными техническими требованиями к изделию являются класс бетона по прочности В30, марка по морозостойкости $F_2$200, по водонепроницаемости W4, по истираемости G1. Для формования плит 1П60.38-30AV требуется бетонная смесь марки БСТ В35 П4 $F_2$200 W4 G1 ГОСТ 7473.

Изделие армируется в продольном и поперечном направлении 22 предварительно напрягаемыми стержнями диаметром 24 мм класса А600 по ГОСТ 10884.

Отпускная прочность бетона после тепловой обработки должна составлять не менее 80 % проектной в теплый период года и не менее 90 % – в холодный.

1.3.2 Характеристики изделия приведены в таблице 1.3, чертеж плиты и схема армирования – на листе ___ графической части КП.

Таблица 1.3 – Характеристика плит 1П60.38-30AV

Наименование показателей	Ед. изм.	Значение
Масса	кг	7850
Объем бетона	$м^3$	3,14
Масса стали	кг	179,51
Расход стали на 1 $м^3$ бетона	кг	57,16
Класс по прочности на сжатие		В30
Средняя прочность при V=13,5%	МПа	44,9
Марка по морозостойкости		$F_2$200
Марка по водонепроницаемости		W4
Марка по истираемости		G1
Отпускная прочность (80 % от проектной)	МПа	35,9

Производство плит организовано по полуконвейерной технологии с тепловой обработкой в камерах ямного типа.

2 Технологические решения

2.1 Технологическая схема производства

Для принятого способа производства разработана функциональная технологическая схема [2, 3, 4], которая отражает принципиальное решение организационной структуры процесса.

Технологический процесс изготовления базового изделия разделен на … элементных циклов, ведущим из которых является …… В этом цикле занято главное оборудование, которое невозможно расчленить; длительность этого цикла определяет производительность линии.

При разработке технологической схемы за основу принято известное решение (типовой проект), в которое внесено изменение (замена оборудования), связанное с особенностями производства базового изделия. Принятая технологическая схема обеспечивает поточность, комплексную механизацию производственного процесса, возможность его автоматизации, улучшает условия труда работающих и др.

В процессе разработки технологической схемы определено основное технологическое оборудование, которое соответствует принятому способу формования, технологическим приемам армирования и ускоренного твердения базового изделия. Функциональная технологическая схема производства плит покрытия дорог приведена на рисунке 2.1.

Технологический процесс разделяется на элементные циклы, которые производятся на постах полуконвейерной линии. Перемещение форм с поста на пост происходит с заданным ритмом. Все посты технологической линии связанны рольгангом. Мостовым краном производят установку на первый пост и съем формы с последнего поста операционного конвейера. Основные посты полуконвейерной линии – распалубка и подготовка форм, армирование.

Формование плит осуществляется на отдельных постах, оснащенных виброформователями

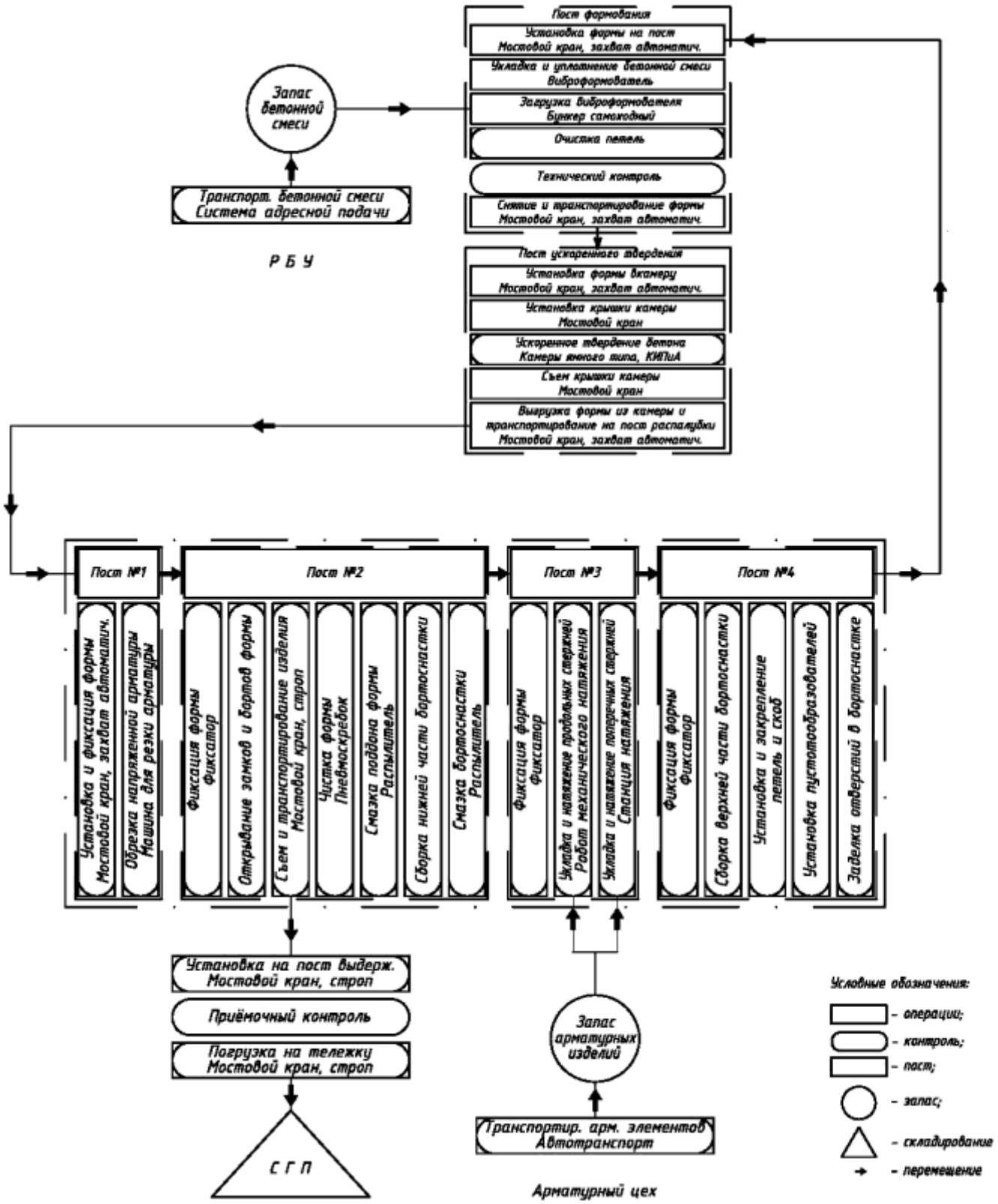


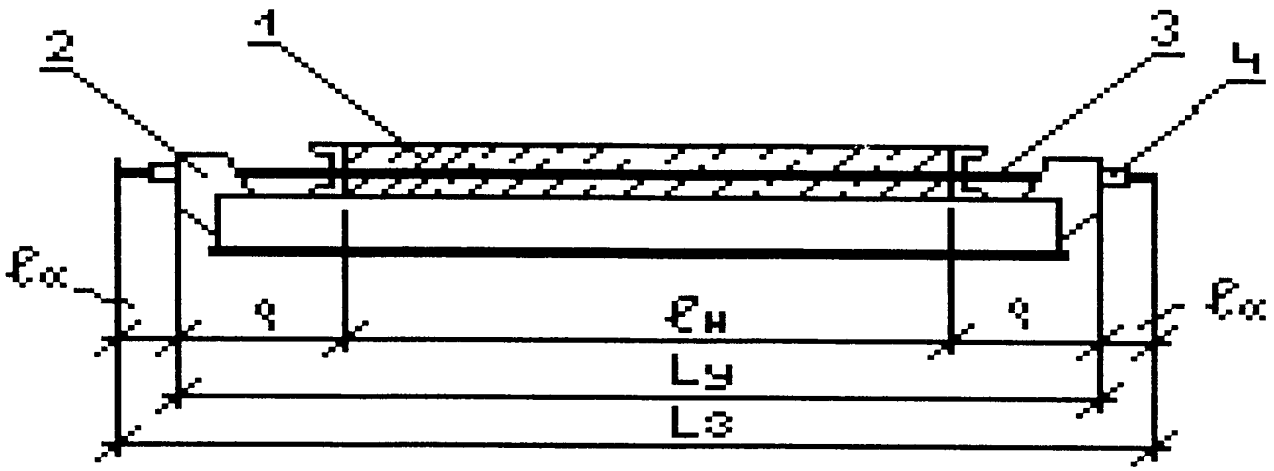
Рисунок 2.1 – Функциональная технологическая схема производства плит покрытия дорог

2.2 Расчет основных параметров технологических режимов

2.2.1 Армирование изделий

В работе принят механический способ натяжения арматуры.

Схема для расчета длины арматурной заготовки представлена на рисунке 2.2, технологические расчеты приведены в таблице 2.1.



1 – изделие, 2 – упоры, 3 – напрягаемая арматура, 4 – анкер

Рисунок 2.2 – Схема для расчета длины заготовки при натяжении арматуры на упоры формы

В работе предварительное натяжения арматурных стержней принято осуществлять с помощью робота механического натяжения арматуры РМН-1. Технические характеристики робота РМН-1 представлены в таблице 2.2.

Напрягаемая арматура класса А600 фиксируется с помощью концевых устройств для закрепления на силовых упорах формы, одновременно натягивается один стержень. Робот в автоматическом режиме выполняет восемь технологических операций по двухрядному армированию плоских железобетонных изделий. По сравнению с электротермическим натяжением робот дает значительный эффект за счет сокращения трудозатрат, расхода электроэнергии, возможности использования арматуры, не подлежащей электротермическому нагреву.

Таблица 2.1 – Расчет параметров механического натяжения плиты покрытия дорог 1П60.38-30AV

Параметры, единица измерения	Обозначение, расчетная формула	Величина
Длина арматуры в изделии, мм	l_u	5980
Расстояние между упорами, мм	$L_y = l_u + 2g$	6280
Длина конца элемента на образование зажимного устройства, мм	l_a	24
Контролируемое натяжение, МПа	σ_o	1110
Предельное отклонение напряжения, МПа	P	50
Коэффициент учитывающий упругопластические свойства арматуры	k	1,20
Нормативный модуль упругости стали, МПа	E_s	$1{,}9 \cdot 10^5$
Расчетное удлинение арматуры, мм	$\Delta l_o = \frac{k\sigma_o + P}{E_s} L_y$	49
Продольная деформация формы, мм	$\Delta l_ф$	4
Деформация смятия анкеров, мм	Δl_a	4
Длина заготовки, мм	$L_з = L_y + 2l_a - \Delta l_o - \Delta l_c - \Delta l_ф$	6271
Площадь поперечного сечения арматуры, мм^2	f	113,1
Число одновременно натягиваемых стержней	n	1
Коэффициент полезного действия	η	0,95
Тяговое усилие, кН	$P = \frac{1{,}1n \cdot f \cdot \sigma_o}{1000 \cdot \eta}$	145
Необходимый ход поршня, мм	$S = (0{,}008...0{,}012)L_з$	75

Передача усилия обжатия на бетон производится после достижения им передаточной прочности ($R_{пер}$ = 36 МПа). Обрезка арматуры производится машиной для обрезки арматуры.

Таблица 2.2 – Технические характеристики робота РМН-1

Технические характеристики, единица измерения	Значение
Время зарядки одной формы, мин	7
Диаметр заготавливаемых стержней, мм	10, 20, 24
Длина обрабатываемых стержней (в пределах), мм	6150 - 6650
Максимальное количество стержней, укладываемых на питатель, шт.	180
Габаритные размеры сеток, мм	5300×1960×10
Максимальное количество сеток, укладываемых на поддон, шт.	60
Давление рабочей жидкости в гидросистеме, МПа	не более 20
Давление воздуха в пневмосистеме, МПа	не менее 0,4
Габаритные размеры, мм	10000×6500×2500
Масса, т	1,5

Машина для резки преднапряженной арматуры предназначена для обрезки выступающих концов арматуры в плитных конструкциях шириной до 4000 мм. Машина - передвижная самоходная и может быть установлена как на конвейерных и полуконвейерных линиях, так и на отдельном посту при агрегатно-поточном производстве.

Привод перемещения режущего диска механизирован, регулировка его положения – автоматизирована. Ритм работы машины – 5 мин, обслуживается одним рабочим (занятость – 30 % времени). Скорость передвижения машины – 6,7 м/мин, число оборотов диска – 1800, диаметр диска – 580 мм.

2.2.2 Формование изделий

Формование плит покрытия дорог 1П60.38-30AV – укладка и одновременное уплотнение бетонной смеси – осуществляется с помощью виброформователя плитных конструкций.

В соответствии со способом формования принята марка бетонной смеси по удобоукладываемости П4. Исходные данные и расчет параметров виброуплотнения приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Расчет параметров уплотнения бетонной смеси

Параметры, единица измерения	Обозначение, расчетная формула	Величина
1	2	3
Подвижность бетонной смеси, см	П4	16 - 20
Удельная работа уплотнения, м^2/с^2	$\overline{W}$	110
Интенсивность виброуплотнения, см^2/с^3	$И_{ст}$	150
Давление столба смеси в насадке, кгс/м^2	$P_{ст}$	800
Площадь штампа, м^2	S	1,5
Скорость движения виброформователя, м/с	V	0,023
Толщина изделия, м	h	0,16
Длина штампа, м	a	0,5
Величина удельного давления на бетон	$Q_{бет} = Q_{ст} + Q_{гд}$	972,7
Статическое давление бетонной смеси в насадке	$Q_{ст} = P_{ст} \cdot S \cdot \mu_1$	960
Гидродинамическое давление	$Q_{гд} = a \cdot Ж \cdot V \cdot S \cdot \frac{a}{h_б^2} \cdot \mu_2$	12,7
Производительность, м^3/мин	N	0,672

Примечание – μ_1 и μ_2 - безразмерные коэффициенты, зависящие от наклона штампа. При угле наклона до 4º принимаются соответственно 0,8 и 0,15

Виброформователь плитных конструкций (рисунок 2.6) предназначен для укладки, калибровки и уплотнения бетонных смесей при изготовлении плитных конструкций. Он представляет собой вибронасадок с дополнительным виброб-русом, смонтированным на подвижном портале. Обеспечивает повышение качества верхней поверхности и точности геометрических размеров изделий в процессе формования.

Применение виброформователя позволяет повысить производительность труда на 10 – 12 %, уменьшить расход цемента на 30 кг/м^3, сократить расходы электроэнергии в 1,5 – 2 раза, снизить уровень шума до нормативного.

Техническая характеристика виброформователя плитных конструкций представлена в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Техническая характеристика виброформователя

Характеристика, единица измерения	Величина
Скорость формования, м/мин	1,4
Объем бункера, $м^3$	2,5
Габаритные размеры, мм	4300×3500×2500
Масса, т	12
Установленная мощность, кВт	18

2.2.3 Режим тепловой обработки

Ускорение твердения бетона осуществляется в пропарочных камерах ямного типа, оборудованных автоматическими стойками пакетировщика и оснащенных системой КИПиА. Загрузка форм в камеры производится мостовым краном с помощью автоматического захвата, так как используются унифицированные формы. Количество форм в камере – восемь, принято по схеме их размещения в камере.

Режим тепловой обработки принят в соответствии с требованиями СНиП 3.09.01, норм технологического проектирования ОНТП 07-85 и с учетом использования комплекса добавок суперпластификатора Muraplast FK 98 и воздухововлекающей добавки Centrament Air 205.

Длительность предварительного выдерживания отформованных изделий с преднапряженной арматурой перед тепловой обработкой принимается 2 ч.

Скорость подъема температуры с учетом конструктивных особенностей изделия, конкретных условий производства принимается не более 20 °С/ч.

Длительность изотермического прогрева назначается исходя из значения требуемой передаточной прочности - 70 % и максимальной температуры обогрева. Длительность изотермического прогрева – 18 ч при $t_{из}$ = 60 °С.

Скорость остывания среды в камере в период снижения температуры изделий из тяжелого бетона не должна превышать 20 °С/ч. При выгрузке изделий из камеры температурный перепад между поверхностью изделий и температурой окружающей среды не должен превышать 40 °С.

Режим тепловой обработки бетона с применением комплекса добавок принят: τ = 24 ((2)+2+18+2) ч.

График тепловой обработки плит покрытия дорог, изготовленных из бетонной смеси марки БСТ В35 П4 $F_2$200 W4 G1 представлен на рисунке 2.3, параметры ускоренного твердения бетона приведены в таблице 2.5.

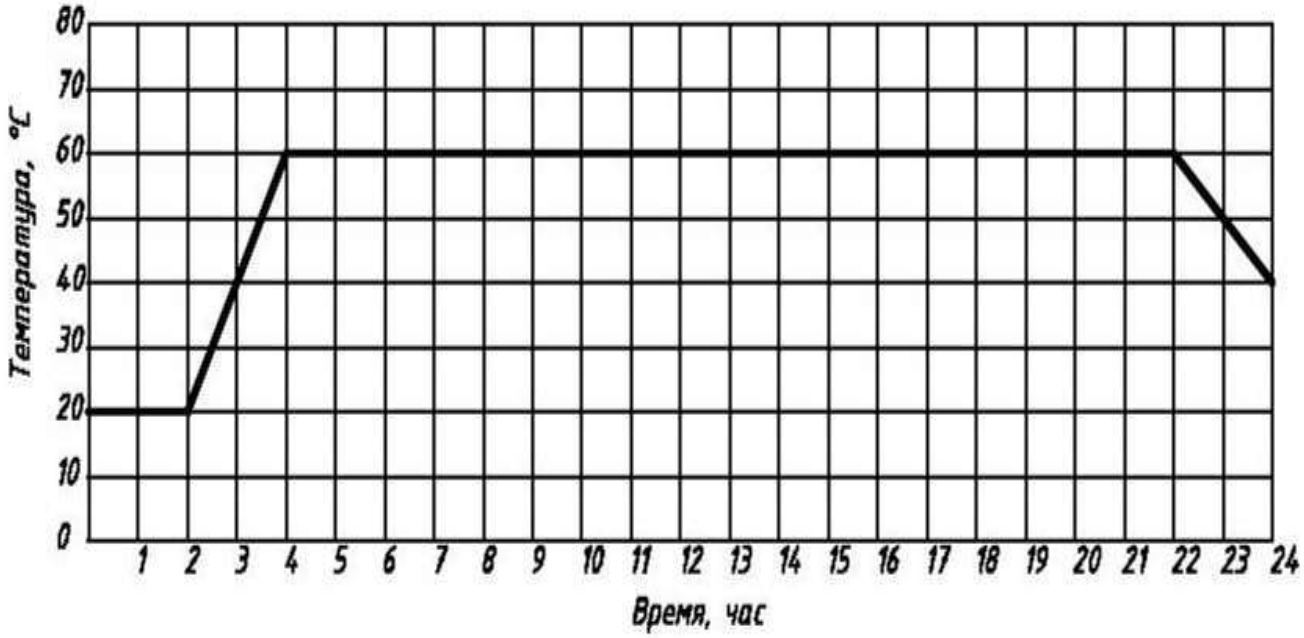


Рисунок 2.3 – Режим тепловой обработки

Таблица 2.5 – Параметры тепловой обработки бетона

Параметры	Обозначения, расчетная формула	Величина
Класс бетона		В30
Требуемая прочность бетона, МПа	R_b	38,4
Величина отпускной прочности, %/МПа	$R_{отп}$	70/26,88
Длительность предварительного выдерживания, ч	$\tau_{пв}$	2,0
Температура изотермического прогрева, ^{0}С	$t_{из}$	60
Скорость подъема температуры, град/ч	v	20
Длительность периода подъема температуры (при t_o = 20 ^{0}С), ч	$\tau_п = \frac{t_{из} - t_o}{v}$	2,0
Длительность изотермического обогрева, ч	$\tau_{из}$	18,0
Длительность остывания, ч	$\tau_{ост}$	2,0
Температура бетона после остывания, ^{0}С	$t_{ост}$	40
Длительность выдержки образцов после ТО перед испытанием, ч	$\tau_{исп}$	4

2.3 Проектный состав бетона

Вследствие эксплуатации плит в агрессивных средах класса XF3 по ГОСТ 31384 к изделию предъявляются повышенные требования по морозостойкости ($F_2$200), водонепроницаемости (W4) и истираемости (G1).

При расчете состава бетона для обеспечения защиты от коррозии должны быть выполнены требования ГОСТ 31384 (таблица Д.1) и ГОСТ 26633:

– минимальный класс по прочности В35;

– максимальное водоцементное отношение 0,5 (минимальное *Ц/В* = 2,0);

– минимальный расход цемента 320 кг/м^3;

– минимальное воздухововлечение 4 %;

– крупный заполнитель с необходимой морозостойкостью F200;

– обязательное одновременное использование воздухововлекающей добавки и суперпластификатора.

Требуемая прочность бетона в проектном возрасте R_T рассчитывается по формуле:

$$R_T = K_T B_{норм}. \quad (2.1)$$

где K_T - коэффициент требуемой прочности бетона, принимаемый согласно ГОСТ 18105-2010 в зависимости от выбранной схемы контроля;

$B_{норм}$ - проектный класс прочности бетона, МПа.

При условии, что на предприятии для контроля прочности будет принята схема А и средний коэффициент вариации прочности бетона $\bar{V}$ = 13,5 %, коэффициент требуемой прочности бетона K_T = 1,3 (таблица 2 ГОСТ 18105).

$$R_T = 1{,}3 \cdot 35 = 45{,}5 \text{ МПа}.$$

Расход воды для бетонной смеси марки по удобоукладываемости П4 (ОК = 16 – 20 см) без учета добавок принимается по рекомендациям [3]:

$$B_o = 230 \text{ л/м}^3.$$

Водопотребность бетонной смеси с эффективными воздухововлекающей добавкой Centrament Air 205 и суперпластификатором Muraplast FK 98 [6] со-

кращается на 20 %, поэтому расчетный расход воды уменьшится на 46 л/м^3 и составит $В_р$ = 184 л/м^3.

При условии, что минимальное *Ц/В* = 2,0, расчетный расход цемента $Ц_р$, кг/м^3, составит:

$$Ц_р = В \cdot Ц/В. \quad (2.2)$$

$$Ц_р = 184 \cdot 2{,}0 = 368 \text{ кг/м}^3.$$

Расход крупного заполнителя**,** кг/м^3, определяется по формуле:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha V_{ПЩ}}{\rho_{НЩ}} + \frac{1}{\rho_{Щ}}}, \quad (2.3)$$

где α - коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя;

$V_{ПЩ}$ – пустотность крупного заполнителя;

$\rho_{НЩ}$ – насыпная плотность крупного заполнителя, т/м^3;

$\rho_{Щ}$ – средняя плотность крупного заполнителя (в куске), т/м^3.

$$Щ = \frac{1000}{\frac{1{,}26 \cdot 0{,}47}{1{,}42} + \frac{1}{2{,}66}} = 1261.$$

Расход мелкого заполнителя, кг/м^3, определяется по формуле:

$$П = (1000 - \frac{Ц}{\rho_{Ц}} - В - \frac{Щ}{\rho_{Щ}})\rho_{П}, \quad (2.4)$$

где $\rho_{Ц}$ - истинная плотность цемента, г/см^3;

$\rho_{П}$ - истинная плотность песка, г/см^3.

$$П = (1000 - \frac{368}{3{,}1} - 184 - \frac{1261}{2{,}66}) \cdot 2{,}65 = 592.$$

Расчетная плотность бетонной смеси в уплотненном состоянии, кг/м^3, определяется по формуле:

$$\rho_{БС} = Ц + В + Щ + П. \quad (2.5)$$

$$\rho_{БС} = 368 + 184 + 1261 + 592 = 2405.$$

Состав бетонной смеси для базового изделия с учетом потерь материалов представлен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Состав бетонной смеси марки БСТ В35 П4 $F_2$200 W4 G1

Наименование материала, единица измерения	Норматив потерь, %	Расход	
		по расчету	с учетом потерь
Цемент ПЦ500-Д0, т	0,9	0,368	0,371
Песок, $м^3$	1,9	0,43	0,44
Щебень, $м^3$	1,55	0,89	0,90
Вода, л	-	184	184
Добавка Muraplast FK 98 (0,6 % цемента), кг	-	2,21	2,21
Добавка Centrament Air 205 (0,2 % цемента), кг	-	0,74	0,74

2.4 Организация производства базового изделия

Изготовление плит покрытия дорог осуществляется по операционным нормалям, которые разработаны на основании принятой функциональной технологической схемы и установленных параметров технологических режимов.

Операционные нормали определяют технологические условия выполнения операций на рабочих постах, условия безопасного труда, состав исполнителей, требования к качеству операции и необходимое оборудование и инструменты.

Операционный и суточный графики производства плит покрытия дорог представлены на листе ___ графической части КП.

2.5 Проектная производительность линии

Основным показателем деятельности предприятия является его производительность. На стадии технологического проектирования определяется проектная производительность разрабатываемой линии.

Для полуконвейерной технологической линии при расчете производительности основным параметром является длительность ритма, которая определяется по операционному графику и уточняется на циклограмме работы

технологического оборудования. Графоаналитическая модель технологического процесса представлена на листе ___ графической части КП. Ритм работы полуконвейерной линии – 30 мин.

Производительность формовочного поста зависит от объёма одновременно формуемых изделий в формах. На технологической линии в форме размещается одно изделие объемом 3,14 м^3.

Годовая производительность технологической линии определяется по формуле:

$$P = n * \frac{B_p * 60 * h}{t_p} * V_ф \quad , \qquad (2.6)$$

где n – количество формующих агрегатов в цехе, шт;

$B_р$ – количество расчетных рабочих суток в год, сут;

h – количество рабочих часов в сутки, ч;

$V_ф$ – объем бетона формовки, м^3;

$t_р$ – ритм работы линии, мин.

При условии работы двух технологических линий годовая производительность цеха составит:

$$P = 2\frac{253 \cdot 60 \cdot 16}{30} \cdot 3{,}14 = 50842 м^3$$

2.6 Расчет потребности производства в материалах и ресурсах

2.6.1 Потребность производства в бетонных смесях и материалах

Потребность производства в бетонных смесях определена в соответствии с программой выпуска железобетонных изделий по установленной производительности. Часовая потребность принята по максимальному часовому расходу смеси, определенному по суточному графику (лист __ графической части КП).

В расчетах учтены потери бетонной смеси при формовании – 0,6 %. Расход материалов на 1 м^3 бетонной смеси принят в соответствии с проектным составом бетона (таблица 2.6).

Количество смазки для форм определено из расчета 0,2 кг на 1 м^2 поверхности форм.

Требуемое количество химических добавок, поступающих в виде жидкого продукта готового к употреблению, установлено по рекомендациям производителей.

Потребность производства в бетонных смесях и материалах приведена в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Потребность производства в бетонных смесях и материалах

Наименование материала единица измерения	Расход на 1 м^3	Потребность производства в			
		год	сутки	смену	час
Бетонная смесь, м^3	1,006	51147	202	101	12,6
Цемент, т	0,371	18975,54	75,0	37,5	4,69
Песок, м^3	0,44	22504,68	88,96	44,48	5,56
Щебень, м^3	0,90	46032,30	181,95	90,97	11,37
Вода, м^3	0,190	9717,93	38,41	19,21	2,40
Добавка Muraplast FK 98, т	0,00221	113,03	0,447	0,224	0,028
Добавка Centrament Air 205, т	0,00074	37,85	0,150	0,075	0,01
Арматурная сталь, т	0,059	3017,67	11,93	5,96	0,75
Смазка Ортолан SEP 713, кг	0,2	10229,4	40,43	20,22	2,53

Примечание – При расчете расхода воды учтены её расходы на приготовление бетонной смеси, полив железобетонных изделий и отделку лицевых поверхностей изделий

2.6.2 Расход электроэнергии на технологические нужды

Годовой расход электроэнергии на технологические нужды:

$$N = \Sigma P_{уст} \cdot K_c \cdot T_p, \text{ кВт·ч}, \quad (2.7)$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность электродвигателя, кВт;

T_p – годовой фонд работы оборудования, ч;

K_c – коэффициент спроса, принимаемый по [3, 5].

Суммарный расход электроэнергии на технологические нужды определен при условии, что годовой фонд работы оборудования для двухсменного режима составляет 4000 ч (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Суммарный расход электроэнергии в год

Наименование	Кол-во	Мощность, кВт		Коэффициент спроса	Расход электро-энергии в год, кВт·ч
		едини-цы	общая		
Кран мостовой	2	39,1	78,2	0,3	93840
Бункер промежуточный	2	6,26	13,52	0,2	10816
Тележка самоходная	1	6,5	6,5	0,1	2600
Привод полуконвейерной линии	2	11,0	22,0	0,2	17600
Машина для резки арматуры	2	6,26	13,52	0,4	21632
Станция натяжения арматуры	2	8,4	16,8	0,3	20160
Виброформователь	2	18	36	0,4	57600
Итого:					224248

2.6.3 Потребность производства в тепловой энергии

Потребность в паре на тепловую обработку изделий установлена по укрупненным показателям, так как в КП специальный теплотехнический расчет не выполнялся.

Удельный расход пара для тепловой обработки плит покрытия дорог в камерах ямного типа принят равным $q_п$ = 170 кг/м^3.

Необходимое количество пара $Q_п$, кг, для ускоренного твердения изделий, находящихся в одном тепловом агрегате, составляет:

$$Q_п = q_п \cdot V_{изд} \cdot n, \tag{2.8}$$

где $V_{изд}$ – объем бетона в форме, м^3;

n – количество форм в камере, определяемое по схеме загрузки камеры (рисунок 2.7).

$$Q_п = 170 \cdot 3{,}14 \cdot 6 = 3202{,}8 \text{ кг.}$$

Часовые расходы пара в период подогрева и изотермического обогрева, кг/ч:

$$q_п^п = \frac{Q_п \cdot m}{m\tau_п + \tau_{из}}, \tag{2.9}$$

$$q_п^{из} = \frac{Q_п}{m\tau_п + \tau_{из}}, \tag{2.10}$$

где $q_п^п$ – часовой расход пара в период подогрева,

$q_п^{из}$ – то же в период изотермического обогрева,

$\tau_п$ – длительность периода подогрева, ч;

$\tau_{из}$ – длительность изотермического обогрева, ч;

m – коэффициент, учитывающий неравномерность расхода пара в отдельные периоды (*m* = 8…..11).

Для камер с одним оборотом в сутки назначается низкотемпературный режим пропаривания при температуре 60 °С, для которого часовые расходы пара составляют:

$$q_n^n = 3202{,}8 \cdot 8/(8 \cdot 2{,}0 + 18{,}0) = 753{,}6 \text{ кг/ч};$$

$$q_n^{из} = 3202{,}8/(8 \cdot 2{,}0 + 18{,}0) = 94{,}2 \text{ кг/ч}.$$

Максимальный часовой расход пара по производству в целом определяется по суточному графику и составляет 2166,6 кг/ч.

В таблице 2.10 приведены часовые расходы пара по всем камерам.

Таблица 2.10 – Расход пара для тепловой обработки

Камера	Наименование изделий	Объем бетона в форме, м^3	Емкость камеры, шт.	Режим тепловой обработки, ч/°С	Удел. расход пара, кг/м^3	Часовые расходы пара, кг/ч, в период	
						подогрева	изотермического обогрева
1-12	Плиты покрытия дорог	3,14	6	(2)+2+18+2 / 60	170	753,6	94,2

2.6.4 Расчет численности и состава работающих

Состав производственной бригады для технологической линии определен по конкретной расстановке рабочих по постам и отдельным операциям. Комплексная бригада обслуживает две технологические линии, расположенные в одном формовочном пролете. При этом затраты труда машинистов общих для этих линий транспортных средств, крановщиков, вспомогательных рабочих, делятся поровну.

Состав и количество основных производственных рабочих определено по операционным нормалям (таблица 2.7).

Штатная ведомость цеха, включающая основных, вспомогательных производственных рабочих, инженерно-технических работников и младший обслуживающий персонал, приводится в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Штатная ведомость цеха

Профессия	Квалификационный разряд	Количество в смену			Итого
		1	2	3	
Основные производственные рабочие					
Комплексная бригада:					
Формовщик	4	3	3	-	6
Формовщик	3	3	3	-	6
Строповщик	4	1	1	-	2
Арматурщик	4	4	4	-	8
Оператор	5	2	2	-	4
Крановщик	5	2	2	-	4
Термист	5	-	-	1	1
Рабочий по исправлению дефектов	3	1	1	–	2
Итого:		16	16	1	33
Вспомогательные производственные рабочие					
Электрик	4	1	1	-	2
Слесарь-наладчик	4	1	1		2
Инженерно-технические работники					
Начальник цеха		1	-		1
Мастер		-	1	-	1
Младший обслуживающий персонал					
Уборщица		1	-	-	1
Всего:		20	19	1	40

2.7 Контроль качества производства и готовой продукции

2.7.1 При производстве железобетонных изделий осуществляется входной, операционный и приемочный контроль.

Под входным контролем понимается контроль качества продукции, поступившей на предприятие для производства железобетонных изделий. Входному контролю подлежат материалы для приготовления бетонной смеси, арматурных изделий и закладных деталей, отделочные материалы.

Операционный контроль – это контроль за выполнением технологических требований на каждой операции производственного процесса.

Приемочный контроль – это контроль готовой продукции, по результатам которого принимается решение о её пригодности и поставке потребителю. Задачей приемочного контроля является установление соответствия качественных показателей готовых изделий требованиям нормативных документов. Общая номенклатура показателей качества железобетонных изделий установлена ГОСТ 13015. При-

мочный контроль подразумевает также испытания и измерения готовых изделий и обобщение данных входного и операционного контроля.

2.7.2 Карта входного контроля сырья и материалов представлена в таблице 2.12. Карта операционного контроля технологических процессов приведена в таблице 2.13. Карта приемочного контроля качества представлена в таблице 2.14.

Таблица 2.12 – Карта входного контроля качества сырья и материалов

Наименование контролируемого параметра	Действующие НТД	Технические требования	Средства контроля	Условия хранения
1	2	3	4	5
1.1 Портландцемент класса ЦЕМI 42,5Н	ГОСТ 30515			Силосный склад, тарные емкости, отдельно по видам и маркам, исключать загрязнение и увлажнение
– наличие паспорта качества			По документам	
– тонкость помола	ГОСТ 310.3	Не менее 85 %	Сито КСВ № 008, весы	
– нормальная густота	ГОСТ 310.3		Прибор Вика, кольцо, пестик, пластина	
– сроки схватывания начало конец	ГОСТ 310.3	 45 мин 10 часов	Прибор Вика, игла, секундомер	
– содержание SO_3	ГОСТ 10178	1,5 %	Согласно ГОСТ 10178	
– активность	ГОСТ 310.4	Соответствие марке	Комплекс оборудования экспресс-контроля	
1.2 Щебень	ГОСТ 8267			Открытый штабельный склад, раздельно по маркам. Исключение засорения
– наличие паспорта качества			По документам	
– прочность по дробимости, не ниже		1000	По методикам ГОСТ 8269.0	
– влажность			Весы, сушил. шкаф по ГОСТ 8269.0	
– фракционный состав 5-10 мм, 10-20 мм	ГОСТ 26633	 35-40 % 60-65 %	Набор сит, весы по ГОСТ 8269.0	
– содержание зерен пластинчатых и игловатых, слабых выветренных, ПГЧ, не более	ГОСТ 26633	 27,4 % 4,1 % 0,17 %	По методикам ГОСТ 8269.0	

Продолжение таблицы 2.12

1	2	3	4	5
1.3 Песок кварцевый	ГОСТ 8736			Открытый штабельный склад, исключающий засорение и распыление
– наличие паспорта качества			По документам	
– содержание ПГЧ		< 3 %	Набор сит, весы, сушил. Шкаф по ГОСТ 8735	
– модуль крупности		1,51		
– влажность				
1.4 Вода	ГОСТ 23732			Водохранилище, водопровод
– pH		4-12,5	Набор индикаторов	
– содержание в 1 л органических ПАВ		≤ 10 мг		
1.5 Добавки	ГОСТ 24211, ГОСТ 30459		По документам	Закрытый склад для хранения добавок
– наличие паспорта, объем, плотность жидкого продукта	Технические условия			
1.6 Готовая бетонная смесь	ГОСТ 7473			БСУ
– удобоукладываемость		Соответствие марке	Согласно методикам ГОСТ 10181	
– расслаиваемость		Соответствие ГОСТ 7473		
– воздухововлечение	ГОСТ 26633	4 %		
1.7 Арматурная сталь	ГОСТ 5781			Закрытый склад. Исключить контакт с водой
1) наличие паспорта качества			По документам	
2) отклонение от проектных размеров	ГОСТ 10922	± 5 мм	Согласно проектной документ.	

Таблица 2.13 – Карта операционного контроля технологического процесса

Объект контроля	Контролируемые параметры процессов	Метод и средства контроля	Периодичность и объем контроля	Лицо, осуществляющее контроль
1	2	3	4	5
Обрезка арматуры	Качество обрезки стержней	Визуальный осмотр, линейка	Каждое изделие	Оператор
			Раз в смену	ОТК
Чистка, смазка формы	Качество очистки и смазки	Визуальный осмотр	Раз в смену, выборочно	Мастер цеха
	Качество эмульсии	Испытание пробы	Раз в смену	Лаборант
Механическое натяжение арматуры, армирование	Величина натяжения	По удлинению арматуры	Постоянно, каждый стержень	Арматурщик
			Раз в смену по одной форме	Инженер ОТК

Продолжение таблицы 2.13

1	2	3	4	5
	Толщина защитного слоя	Контрольный замер	Каждая форма Два раза в смену, по одной форме	Арматурщик
				Инженер ОТК
	Правильность установки закладных деталей	Визуально	Постоянно, каждая форма Два раза в смену, по одной форме	Арматурщик
				Инженер ОТК
Сборка формы	Соответствие формы проектным размерам	Обмер рулеткой	Раз в квартал, поштучно	Арматурщик, формовщик
	Расстояния между упорами		Раз в смену, одна форма	
Укладка и уплотнение смеси	Удобоукладывае-мость смеси	ГОСТ 10181	Два раза в смену, одна проба	Лаборант
Укладка и уплотнение смеси	Равномерность укладки	Толщина слоя, замер линейкой	Постоянно, каждая форма	Формовщик
			Раз в смену, одна форма	Мастер цеха
	Время уплотнения	Секундомер	Постоянно, каждая форма	Формовщик
			Раз в смену, одна форма	Мастер цеха
	Средняя плотность бетонной смеси	ГОСТ 10181	Раз в смену, одна формовка	Лаборант
	Прочность бетона	ГОСТ 10180, изготовлени е образцов	Раз в смену, партия	Лаборант
Тепловая обработка	Соблюдение заданного режима ТВО	Приборы автоматичес кого регулирован ия	Постоянно, каждая камера	Термист
	Работа систем пароснабжения	Осмотр и наблюдение	Раз в смену, каждая камера	

Таблица 2.14 – Карта приемочного контроля качества продукции

Объект контроля	Контролируемые параметры процессов	Метод и средства контроля	Периодично-сть и объем контроля	Лицо, осуществляющее контроль
1	2	3	4	5
Прием изделий ОТК	Отпускная прочность бетона, прочность бетона в проектном возрасте	Испытание образцов по ГОСТ 10180, ГОСТ 18105	Раз в смену, партия	Лаборант
	Категория бетонной поверхности	ГОСТ 26433.1	Сплошной контроль	Инженер ОТК
	Толщина защитного слоя бетона	Замер толщины защитного слоя бетона прибором ИПА-МГ4	Выборочно, 10 % от партии, не менее 3	Инженер ОТК
	Геометрические размеры изделия	ГОСТ 13015	Выборочно, 10 % от партии, не менее 3	Инженер ОТК
	Разность длин диагоналей			
	Чистота поверхности			
	Расположение и номинальные размеры закладных деталей			
Периодические испытания	Прочность, жесткость, трещиностойкость	Испытание изделий ГОСТ 13015	Раз в 6 месяцев, партия	Лаборант
	Морозостойкость	Испытание контрольных образцов ГОСТ 10060	Раз в 6 месяцев, партия	Лаборант
	Водонепроницае-мость	Испытание контрольных образцов ГОСТ 12730.5	Раз в 6 месяцев, партия	Лаборант
	Истираемость	Испытание контрольных образцов ГОСТ 13087	Раз в 6 месяцев, партия	Лаборант
	Удельная эффективная активность естественных радионуклидов $А_{эфф}$	ГОСТ 30108	Раз в год, партия	Лаборант специализи-рованной лаборатории
Отпуск потребителю	Укладка изделий на транспортные средства	Визуально, правильность положения, крепление изделий	Постоянно, каждое транспорт-ное средство	Стропальщик, инженер ОТК

3 Технико-экономические показатели проекта

3.1 Технико-экономические показатели проектного решения

Технико-экономические показатели производства плит покрытия дорог представлены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Технико-экономические показатели производства плит покрытия дорог

Показатели	Единица измерения	Значение
Годовая производительность технологической линии	$м^3$	55000
Производственная площадь	$м^2$	2264
Количество работающих	чел.	16
в т.ч. основных производственных рабочих	чел.	10
Выработка на одного рабочего	$м^3$	5500
Общая масса технологического оборудования	т	400,0
в т.ч. металлических форм	т	230,0
Удельная металлоёмкость	$кг/м^3$	0,36
Трудоёмкость единицы продукции	$чел·ч/м^3$	0,4
Удельный расход на 1 $м^3$ продукции:		
– электроэнергии силовой	кВт·ч	1,2
– пара технологического	т	0,17
– цемента		
– крупного заполнителя		
– мелкого заполнителя		
– суперпластификатора ……		
– воздухововлекающей добавки …….		

Заключение

В курсовом проекте разработана технология производства железобетонных плит покрытия автодорог для строительства транспортных объектов. Разработана технологическая схема производства, выполнен расчет основных параметров технологических режимов, расчет потребности производства в материалах и ресурсах. Подготовлена организация контроля качества производства и готовой продукции.

Нормативные документы

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 21.110-95 Правила выполнения спецификации оборудования, изделий и материалов.

ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации.

ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.

ГОСТ 6727-80 Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ 7348-81 Проволока из углеродистой стали для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций. Технические условия.

ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.

ГОСТ 8735-2014 Песок для строительных работ. Методы испытаний.

ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

ГОСТ 10181-2014 Смеси бетонные. Методы испытаний.

ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия.

ГОСТ 12730.5-2018 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

ГОСТ 13087-2018 Бетоны. Методы определения истираемости.

ГОСТ 18105-2018 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.

ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия.

ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.

ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Общие технические требования.

ГОСТ 30108-94 Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

ГОСТ 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности.

ГОСТ 31384-2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования.

Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона. ОНТП 07-85/Минстройматериалов СССР. - М.: Стройиздат. 1986. - 51с.

РДС 82-202-96 Правила разработки и применения нормативов трудноустранимых потерь и отходов материалов в строительстве (к СНиП 82-01-95) / Тулаоргтехстрой. – М.: ГП ЦПП Минстроя РФ, 1996. – 18 с.

СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

СП 130.13330.2011 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. Актуализированная редакция СНиП 3.09.01-85.

Библиографический список

1 Содержание, объем, структура и правила оформления выпускной квалификационной (бакалаврской) работы. Методические указания для обучающихся по профилю «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» направления подготовки 270800 «Строительство». – Ростов-н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 46 с.

2 Касторных Л.И. Проектирование предприятий по производству товарного бетона и сборного железобетона. Часть I: учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – 130 с.

3 Касторных Л.И. Проектирование предприятий по производству товарного бетона и сборного железобетона. Часть II: учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – 171 с.

4 Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. – М.: Стройиздат, 1984. – 672 с.

5 Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование. – М.: Высшая школа, 1987. – 376 с.

6 Добавки в бетоны и строительные растворы. Учебно-справочное пособие/Л.И. Касторных. – Ростов-н/Д: «Феникс», 2007. – 221 с.