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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____А.А. Орлов
«___» _____2021г.

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе
08.03.01.2021.233.00.00ПЗ
Производство железобетонных преднапряженных аэродромных плит на заводе СМиК г. Челябинска

Руководитель ВКР

/С.Н. Погорелов/
« » 2021г.

Автор проекта
студент группы АС – 461
/Хуссейн Х.А.Х/

« » 2021г.
Нормоконтролер
_____/Т.Н. Черных/
«_____»_____2021г.

Челябинск
2021

АННОТАЦИЯ

Хуссейн Х.А.Х Производство железобетонных преднапряженных аэродромных плит на заводе СМиК г.Челябинска. – Челябинск: ЮУрГУ, АС-461, 90 с., 9 Таблиц, 18 рисунков библиографический список – 15 наименований.

В данной выпускной квалификационной работе предоставлен проект технологической линии по производству железобетонных преднапряженных плит для аэродромных покрытий ПАГ-20 IV, также типы, основные параметры и размеры, выбор способа производства. Выполнен подбор оборудования для производства плит. Произведены технологические расчеты, дана характеристика исходных материалов и готовой продукций. Технологическая карта содержит требования, предъявляемые к материалам.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..5
1 НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ……..7
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ……19
2.1 Описание технологического процесса…….....19
2.2 Циклограмма работы машин технологической линии ……..……...28
2.3 Расчет состава бетона……30
2.4 Режим работы предприятия……34
3 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ……..……36
3.1 Расчет виброплощадки……..……36
3.2 Технологическое оборудование применяемое на технологической линии…...38
4 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАМЕРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ….....48
4.1 Исходные данные……50
4.2 Тепловой баланс……..51
4.2.1 Период подъема температуры……52
4.2.2 Материальный баланс……..53
4.3 Тепловой баланс периода подъема температуры……53
4.4 Расход тепла……55
5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ.....58
5.1 Используемые датчики и регуляторы……58
5.2 Описание функциональной схемы ямной камеры……...62
6 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА……66
6.1 Выбор способа производства……66
6.2 Посты и крановые операции…….……..68
6.3 Организация труда рабочих на технологической линии……70
6.4 Компоновка технологических линий в цехе……..…...71
6.5 Проектирование склада готовой продукции……..…...71
6.6 Контроль технологических операций и готовой продукции……..……72
6.7 Приемка ……...77

6.8 Транспортирование и хранение…….....80
7 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ……...82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……..86
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……..87

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа является актуальной в настоящее время, так как помимо высоких строительно-технических качеств, бетон выгодно отличается от других строительных материалов высокой экономичностью, низкой энергоёмкостью и экологической безопасностью.

Ежегодно производство бетона в мире превышает 2 млрд. т, что намного превосходит выпуск других видов промышленной продукции.

Производство бетона по своему технологическому содержанию - это химическое производство, ибо твердение бетона осуществляется через протекание сложных химических реакций, поэтому прочность затвердевшего бетона существенно зависит от качества использованных для его приготовления исходных материалов. Отсюда неизбежно вытекает необходимость строгого контроля свойств, всех исходных сырьевых компонентов и технологических переделов.

Нет сомнения, что повышение эффективности и расширение сферы применения бетона и железобетонных конструкций станут важным составным элементом решения проблемы совершенствования всего строительного комплекса в нашей стране.

Процессы перестройки экономики страны требуют рационального изменения методов прогнозирования развития промышленности строительных материалов, сложившиеся за многие годы. Это обусловлено, в первую очередь, изменением в социальной ориентации инвестиционного процесса в народном хозяйстве. В этих условиях структурные сдвиги в промышленности строительных материалов, определяются требованиями рынка строительных материалов, и обусловлены в основном динамикой структуры строительства по видам и основным конструктивным решениям, новой техникой и технологией в строительстве, государственной политикой ресурсо - и энергосбережения, повышением требований к условиям жизни человека, и охране окружающей среды.

В современном строительстве широко используются в настоящее время изделия и конструкции различного назначения, отличающиеся по виду сырья, технологии производства в сборном и монолитном возведении зданий и сооружений. Одними из самих массовых конструкций являются бетонные и железобетонные, которые применяются в самых различных условиях. В настоящее время созданы необходимые условия для более широкого применения сборного железобетона во всех областях строительства и дальнейшего развития этой отрасли промышленности.

В настоящее время сборный железобетон получил наибольшее применение в жилищном строительстве. Другой не менее важной отраслью строительства, где сборный железобетон занимает доминирующее положение, является строительство промышленных зданий и сооружений. С каждым годом расширяется применение сборного железобетона в железнодорожном строительстве.

1 НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

Планируется производить предварительно напряженные железобетонные плиты ПАГ – 20 IV размерами 6х2 м, изготовляемые из тяжелого бетона и предназначенные для устройства сборных аэродромных покрытий.

Таблица 1 – Расходы бетона и стали на плиту

Марка плиты	Напрягаемая продольная арматура на плиту	Класс бетона по прочности		Объем бетона на плиту, $м^3$	Расход арматуры на плиту, кг		
		на растяжение при изгибе	на сжатие		Напрягаемая	Ненапрягаемая	Итого
ПАГ-20 IV	14∅14АтIV 14∅14AIV	B_{btb}3,6	B25	2,4	105,8	132,1	237,9

Технические требования.

Плиты изготовляют в соответствии с требованиями настоящего стандарта и утвержденной в установленном порядке технологической документации, содержащей требования к изготовлению плит на всех стадиях производственного процесса, по чертежам, приведенным в ГОСТ 25912.1

Плиты подлежат изготовлению в формах, обеспечивающих соблюдение установленных настоящим стандартом требований к качеству и точности изготовления плит.

Основные параметры и размеры

Форма и основные размеры плит должны соответствовать указанным на черт.1.

Примечания:

1. На продольных гранях плит допускается устройство углублений размерами 20х100х200 мм для обеспечения возможности подъема плит с применением автоматических захватов.

2. В плитах с наклонными продольными гранями монтажно-стыковые изделия М3 (рисунок 1) устанавливают заподлицо с плоскостью, определяющей габаритный размер ширины плиты, - 2000 мм.

По согласованию с потребителем допускается изготовление плит с размерами проемов для монтажно-стыковых изделий, отличающимися от приведенных на черт.1 и с монтажно-стыковыми изделиями другой конструкции при условии обеспечения эксплуатационных свойств аэродромного покрытия.

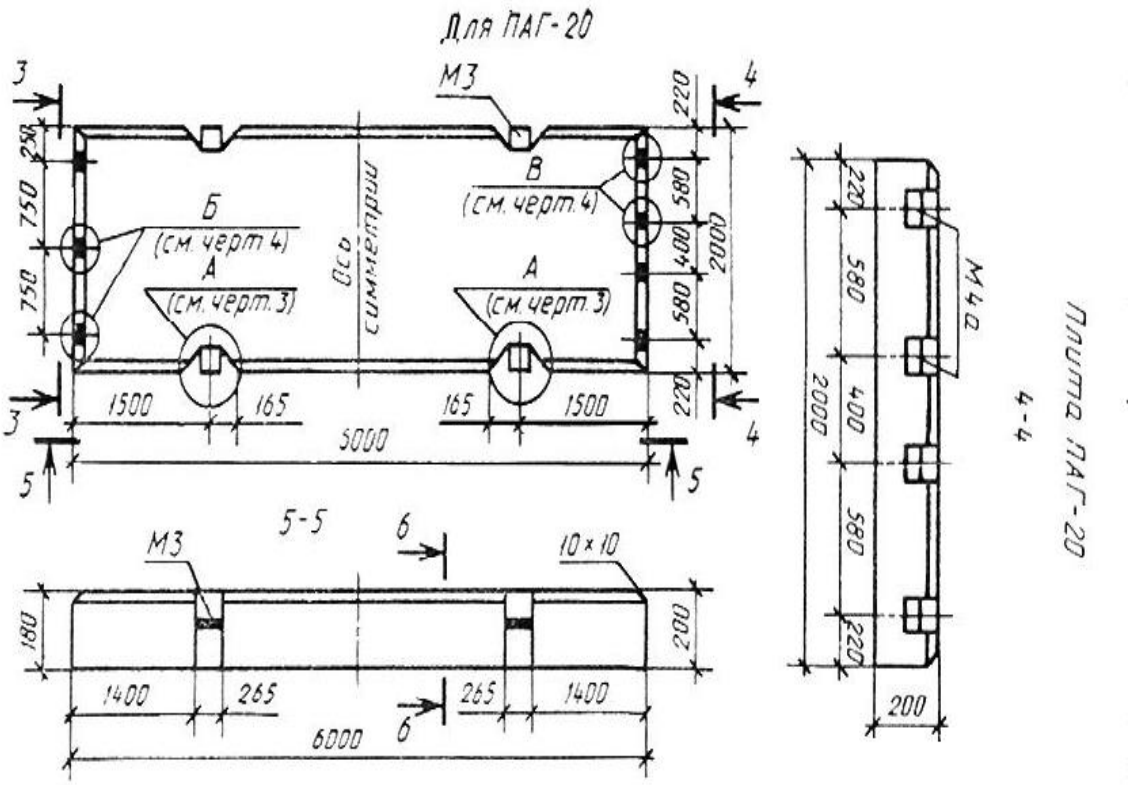


Рисунок 1 - Плита ПАГ-20

Плиты изготовляют рабочей поверхностью (верхняя поверхность аэродромного покрытия) «вверх». Допускается по согласованию с потребителем изготовление плит рабочей поверхностью «вниз».

Рабочая поверхность плит, изготовляемых этой поверхностью «вверх», должна быть шероховатой. Шероховатость поверхности получают обработкой

этой поверхности капроновыми щетками или брезентовой лентой (после уплотнения бетонной смеси).

Рабочая поверхность плит, изготовляемых этой поверхностью «вниз», должна иметь рифление. Рифление поверхности образуют путем применения в качестве днища поддона формы стального листа с ромбическим рифлением по ГОСТ 8568. Лист на поддоне располагают так, чтобы большая диагональ ромба была перпендикулярна к продольной оси плиты (рисунок 2).

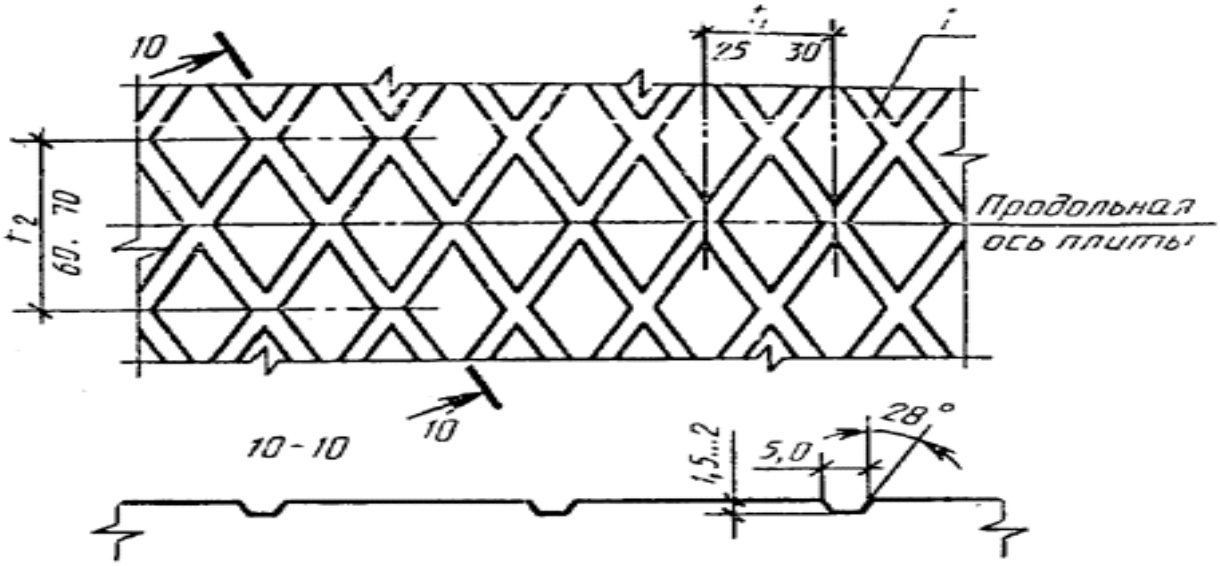


Рисунок 2 - Рифление рабочей поверхности плиты

Глубина рифления должна быть не менее 1,5 мм. По согласованию с потребителем допускается изготовлять плиты с глубиной рифления 1,2 мм.

Армирование плит производят:

в продольном направлении - напрягаемой арматурой;

в поперечном направлении - ненапрягаемой арматурой.

В качестве напрягаемой арматуры плит применяют стержневую арматурную сталь классов. Ат-V, А-V, Ат-IV, Ат-IVС и А-IV. Напрягаемую арматуру следует применять в виде целых стержней без стыков.

Ненапрягаемая арматура - из стержневой арматурной стали классов А-III, Ат-IIIС, А-II и арматурной проволоки класса Вр-1 [7].

Требования к бетону.

Плиты следует изготовлять из тяжелого бетона средней плотности более 2200 до 2500 кг/м^3 включительно, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 26633.

Фактическая прочность бетона должна соответствовать требуемой, назначаемой по ГОСТ 18105 в зависимости от нормируемой прочности бетона (класс по прочности на растяжение при изгибе и класс по прочности на сжатие, передаточная и отпускная прочность) и от характеристики фактической однородности прочности бетона.

Плиты должны изготовляться из бетона класса по прочности на растяжение при изгибе B_{btb} 3,6 и класса по прочности на сжатие В25. При этом фактическая прочность бетона на сжатие (п. 1.4.2) не должна быть ниже 29,4 МПа (300 кгс/см^2).

Нормируемая передаточная прочность бетона - 70 % класса бетона по прочности на сжатие.

Значение нормируемой отпускной прочности бетона принимают равным значению нормируемой передаточной прочности и не ниже 70 % класса бетона по прочности на растяжение при изгибе.

Поставка плит с отпускной прочностью бетона ниже прочности, соответствующей его классу по прочности на растяжение при изгибе и классу по прочности на сжатие, производится при условии, если изготовитель гарантирует достижение бетоном конструкции требуемой прочности, определяемой по результатам испытания контрольных образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава, хранившихся в условиях согласно ГОСТ 18105 и испытанных в возрасте 28 сут. (ГОСТ 13015.0).

Морозостойкость бетона плит должна соответствовать установленной проектной документацией конкретного сооружения или указанной в заказе плит марке бетона по морозостойкости.

Марку бетона по морозостойкости принимают для плит, предназначенных для применения в районах с расчетной среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца (согласно СНиП 2.01.01) не ниже:

до минус 5°С включ. - F100;

ниже минус 5°С до минус 15°С включ. - F150;

ниже минус 15°С - F200.

Бетонная смесь, применяемая для изготовления плит, должна иметь водоцементное отношение не более 0,5.

В уплотненной бетонной смеси объем вовлеченного воздуха (при применении воздухововлекающих добавок) должен быть в пределах 5-6 %.

Для регулирования и улучшения свойств бетонной смеси и бетона при изготовлении плит следует применять пластифицирующие и воздухововлекающие (газообразующие) химические добавки по ГОСТ 24211.

Качество материалов, применяемых для приготовления бетона, должно обеспечивать выполнение технических требований, установленных настоящим стандартом к бетону плит.

В качестве вяжущего следует применять портландцемент по ГОСТ 10178, предназначенный для бетона аэродромных покрытий [7].

Крупный и мелкий заполнители - по ГОСТ 10268 (крупность зерен крупного заполнителя - не более 20 мм).

Применение гравия в качестве крупного заполнителя допускается по согласованию с потребителем при соответствующем технико-экономическом обосновании.

В качестве крупных заполнителей для тяжелых бетонов используют щебень из природного камня по ГОСТ 8267, щебень из гравия по ГОСТ 10260, щебень из попутно добываемых пород и отходов горно-обогатительных предприятий по ГОСТ 23254, гравий по ГОСТ 8268, а также щебень из шлаков ТЭЦ по ГОСТ 26644.

В качестве мелких заполнителей для бетонов используют природный песок и песок из отсевов дробления и их смеси, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 8736, а также золошлаковые смеси по ГОСТ 25592.

В случае необходимости применения заполнителей с показателями качества ниже требований государственных стандартов, а также требований настоящего стандарта, предварительно должно быть проведено их исследование

в бетонах в специализированных центрах для подтверждения возможности и технико-экономической целесообразности получения бетонов с нормируемыми показателями качества.

Крупный заполнитель в зависимости от предъявляемых к бетону требований выбирают по следующим показателям: зерновому составу и наибольшей крупности, содержанию пылевидных и глинистых частиц, вредных примесей, форме зерен, прочности, содержанию зерен слабых пород, петрографическому составу и радиационно-гигиенической характеристике. При подборе состава бетона учитывают также плотность, пористость, водопоглощение, пустотность. Крупные заполнители должны иметь среднюю плотность от 2000 до 2800 кг/куб.м.

Крупный заполнитель следует применять в виде раздельно дозируемых фракций при приготовлении бетонной смеси. Наибольшая крупность заполнителя должна быть установлена в стандартах, технических условиях или рабочих чертежах бетонных и железобетонных конструкций.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне из изверженных и метаморфических пород, щебне из гравия и в гравии не должно превышать для бетонов всех классов 1% по массе.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне из осадочных пород не должно превышать для бетонов класса В22,5 и выше - 2% по массе; класса В20 и ниже - 3% по массе.

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в крупном заполнителе не должно превышать 35% по массе.

Марка щебня из изверженных пород должна быть не ниже 800, щебня из метаморфических пород - не ниже 600 и осадочных пород - не ниже 300, гравия и щебня из гравия - не ниже Др16.

Содержание зерен слабых пород в гравии и щебне из гравия не должно превышать 10% по массе для бетонов всех классов.

Морозостойкость крупных заполнителей должна быть не ниже нормированной марки бетона по морозостойкости.

Мелкий заполнитель для бетона выбирают по зерновому составу, содержанию пылевидных и глинистых частиц, петрографическому составу, радиационно-гигиенической характеристике. При подборе состава бетона учитывают плотность, водопоглощение (для песков из отсевов дробления), пустотность, а также прочность исходной горной породы на сжатие в насыщенном водой состоянии (для песков из отсевов дробления).

Мелкие заполнители должны иметь среднюю плотность зерен от 2000 до 2800 кг/куб.м.

Допустимое содержание пород и минералов, отнесенных к вредным примесям в заполнителях:

слоистые силикаты (слюды, гидрослюды, хлориты и др., являющиеся породообразующими минералами) - не более 15% по объему для крупного заполнителя и 2% по массе - для мелкого заполнителя;

магнетит, гидрооксиды железа (гетит и др.), апатит, нефелин, фосфорит, являющиеся породообразующими минералами, - каждый в отдельности не более 10%, а в сумме - не более 15% по объему;

галоиды (галит, сильвин и др.), включающие водорастворимые хлориды, в пересчете на ион хлора - не более 0,1% по массе для крупного заполнителя и 0,15% по массе - для мелкого заполнителя;

свободное волокно асбеста - не более 0,25% по массе;

уголь - не более 1% по массе.

Пластифицирующие и воздухововлекающие (газообразующие) химические добавки, применяемые при приготовлении бетона, должны удовлетворять требованиям нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке.

Требования к воде.

Содержание в воде органических поверхностно-активных веществ, сахаров или фенолов, каждого, не должно быть более 10 мг/л.

Вода не должна содержать пленки нефтепродуктов, жиров, масел. Содержание в воде растворимых солей, ионов SO^{-2}_{4}, Cl^{-1} и взвешенных частиц не должно превышать предельных величин.

Окисляемость воды не должна быть более 15 мг/л.

Водородный показатель воды (pH) не должен быть менее 4 и более 12,5.

Вода не должна содержать также примесей в количествах, нарушающих сроки схватывания и твердения цементного теста и бетона, снижающих прочность и морозостойкость бетона.

Допускается применение технических и природных вод, загрязненных стоками, содержащими примеси в количествах, превышающих установленные в таблице, кроме примесей ионов Cl^{-1}, при условии обязательного соответствия качества бетона показателям, заданным проектом [11].

Требования к арматурным и монтажно-стыковым изделиям

Марки арматурной стали классов А-III, А-II и А-I, а также марки углеродистой стали обыкновенного качества применяемые для изготовления монтажно-стыковых изделий, должны соответствовать маркам, установленным проектной документацией конкретного сооружения или указанным при заказе плит [7].

Арматурная сталь должна удовлетворять требованиям:

стержневая арматурная сталь классов:

Ат-V, Ат-IVC, Ат-IV и Ат-IIIC - ГОСТ 10884-94;

А-V, А-IV, А-III, А-II и А-I - ГОСТ 5781;

Натяжение напрягаемой арматуры.

Натяжение напрягаемой продольной арматуры плиты следует осуществлять механическим или электротермическим способом.

Температура нагрева напрягаемой арматуры при электротермическом способе ее натяжения не должна превышать 450 °С.

Значения напряжений в напрягаемой арматуре, контролируемые по окончании ее натяжения на упоры, для арматурной стали классов:

Ат-V и А-V - 590 МПа (6000 кгс/см^2);

Ат-IV, Ат-IVС и А-IV — 530 МПа (5400 кгс/см^2).

Отклонения значений напряжений в напрягаемой арматуре не должны превышать ±10 %.

Применяемые для смазки форм материалы не должны оказывать вредного воздействия на бетон.

Смазку форм следует наносить тонким слоем равномерно по всей поверхности поддона формы, с удалением образовавшихся в отдельных местах излишков смазки [7].

Режим тепловой обработки плит должен соответствовать установленному технологической документацией согласно указаниям СНиП 3.09.01.

Температура изотермического прогрева не должна превышать 70°С.

Относительная влажность среды в период изотермического прогрева плит в камерах ямного типа должна быть не ниже 98%; в камерах тоннельного типа - не ниже 96 %.

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

Требования к точности изготовления плит.

Действительные отклонения геометрических параметров плит не должны превышать предельных, указанных в таблице 2 [7].

В плитах высшей категории качества действительные отклонения размеров плит в миллиметрах не должны превышать:

по длине ±5;

по толщине +3;

Таблица 2 - Действительные отклонения геометрических параметров плит

Вид отклонения геометрического параметра	Геометрический параметр	Предельное отклонение, мм
Отклонение от линейного размера	Длина плиты	±6
	Ширина плиты	±5
	Толщина плиты	+4
	Размер, определяющий положение выемок у монтажно-стыковых изделий	±5
	Размеры выемок у монтажно-стыковых изделий	±3
	Смещение монтажно-стыковых изделий:	
	вдоль грани плиты	5
	перпендикулярно к грани плиты	2
	по высоте плиты	3
Отклонение от прямолинейности	Прямолинейность профиля поверхности и боковых граней:	
	в любом сечении на длине 2 м	3
	на всей длине плиты	5
Отклонение от плоскостности	Плоскостность рабочей поверхности плиты (при измерении от условной плоскости, проходящей через три крайние точки)	5
Отклонение от перпендикулярности	Перпендикулярность смежных торцевых граней плит на участке длиной, мм:	
	400	2
	1000	2,5
Отклонение от равенства длин диагоналей	Разность длин диагоналей рабочей поверхности плиты	10

Действительные отклонения толщины защитного слоя бетона до арматуры от номинального его значения, указанного в чертежах, не должны превышать ±3 мм.

Концы напрягаемой арматуры не должны выступать за торцевые поверхности плит более чем на 5 мм.

Требования к качеству поверхностей и внешнему виду плит

Рабочая поверхность плит (п. 1.3.3.) не должна иметь трещин.

На нерабочей поверхности и боковых гранях плит не допускаются усадочные и технологические трещины шириной более 0,05 мм и длиной более 50 мм.

Рифленая поверхность плиты должна иметь четкий рисунок рифления без околов граней канавок.

На рабочей поверхности плит не допускается шелушений бетона.

Размеры раковин, местных наплывов и впадин на бетонной поверхности и околов бетона ребер плит не должны превышать значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Размеры дефектов

Поверхность плиты	Предельные размеры, мм				
	Раковины		Местные	Околы бетона	
	глубина	диаметр	наплывы (высота) и впадины (глубина)	глубина	суммарная длина на 1м ребра
Рабочая	3	4	2	5	50
Нерабочая и боковые грани	5	10	3	8	80

Исправление дефектов на рабочей поверхности и заделка околов ребер плит не допускается.

Боковые грани у нижней и верхней поверхностей плит, а также открытые поверхности монтажно-стыковых изделий должны быть очищены от наплывов бетона.

Маркировка.

Маркировка плит должна соответствовать требованиям ГОСТ 13015.2 и настоящего стандарта.

Маркировочные надписи наносят на боковой продольной грани плиты.

Маркировочные надписи должны содержать:

марку плиты;

товарный знак или краткое наименование предприятия-изготовителя;

штамп технического контроля;

дату изготовления плиты.

На продольных гранях плиты на расстоянии 1 м от ее торца наносят монтажный знак «Место опирания».

На рабочей поверхности плиты должен быть нанесен знак предприятия-изготовителя, обозначение и метод нанесения которого согласовывается с заказчиком и указывается в договоре на поставку плит.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание технологического процесса

Технологическая схема производства предварительно напряженных плит для аэродромных покрытий ПАГ-20 IV приведена на рисунке 3.

Процесс формования изделий - важнейшая стадия их изготовления на заводах сборного железобетона. Процесс формования изделий состоит из следующих операций: сборки, очистки и смазки форм и бортовой оснастки, установки и фиксации арматурного каркаса в форме, натяжения арматуры на упоры формы, укладки, распределения и уплотнения бетонной смеси в форме, отделки открытой поверхности изделия и извлечения готового изделия из формы после тепловой обработки.

Качество формования и качество готового изделия определяется:

-точностью размеров форм;

- качеством рабочих поверхностей форм;

-качеством смазки;

-полным соответствием реологических свойств бетонных смесей принятому виду формовочного оборудования и режиму его работы.

Для производства плит ПАГ-20 IV применяется одноместная сварная металлическая форма из профилированной и листовой стали. В качестве днища формы применяют листовую рифленую сталь с ромбическим рифлением по ГОСТ 8568-77. Для снижения металлоемкости форм, а также для уменьшения скручивания и коробления форм из-за некачественной рихтовки рельсовых путей используем формы с трехточечным опиранием. [8]

Для обеспечения высокого качества изготовляемых изделий и для продления срока эксплуатации форм и формовочного оборудования необходимо содержать в чистоте формы. Для очистки форм и поддонов применяют машины, рабочими органами которых являются цилиндрические щетки из стальной проволоки, абразивные круги и инерционная фреза из металлических колец. Машины с относительно мягкими металлическими

щетками применяют после каждого цикла формования. Остатки бетона убираются приспособлениями пылесосного типа.

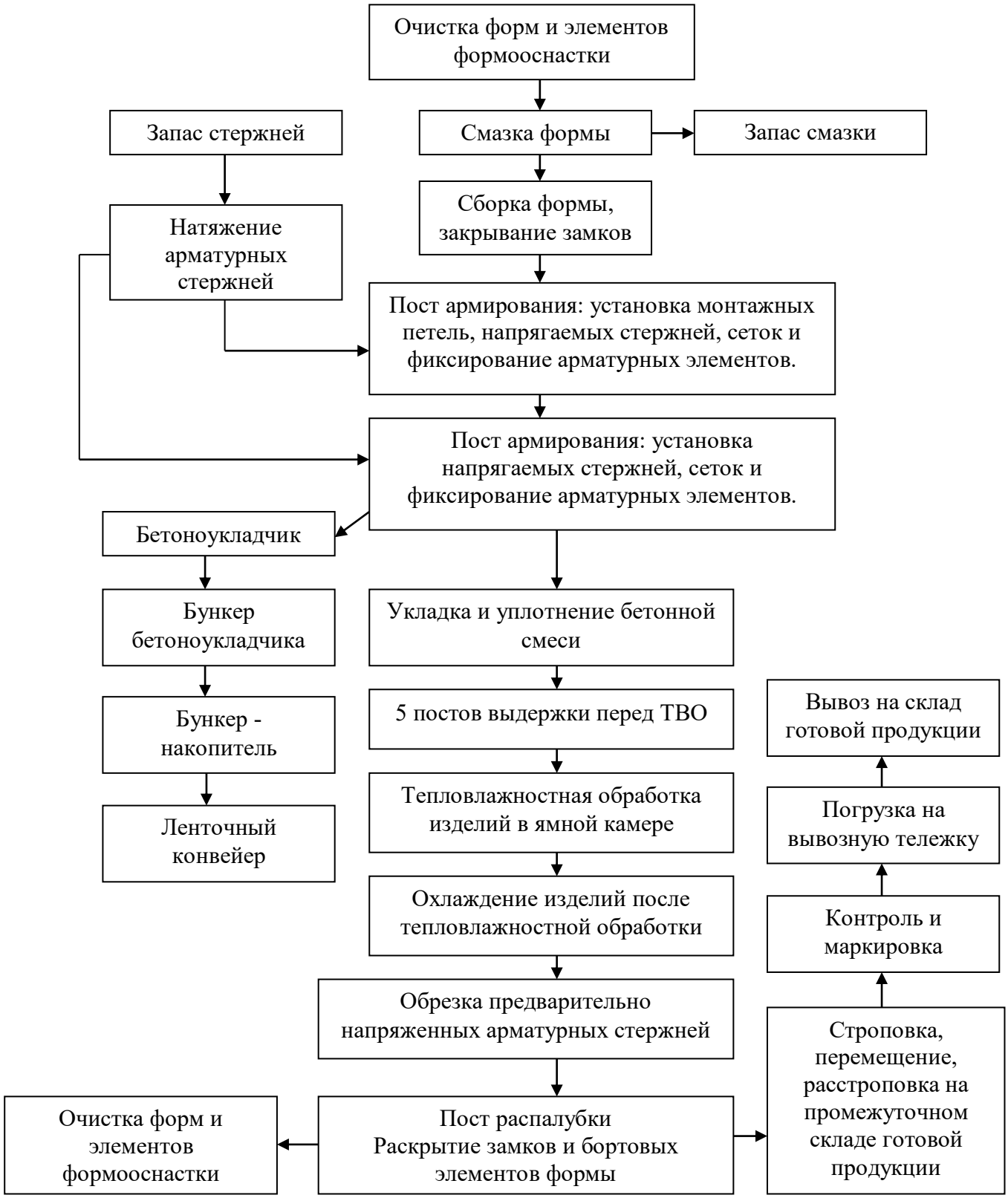


Рисунок 3 – Технологическая схема производства плит ПАГ – 20 IV

Пост смазки форм.

На качество железобетонных изделий влияет сцепление бетона с поверхностью форм. Один из способов уменьшения сцепления – использование смазок. Правильно выбранная и хорошо нанесенная смазка облегчает расформование изделия и способствует получению его ровной и гладкой поверхности. Смазка должна удовлетворять следующим требованиям: иметь консистенцию, позволяющую наносить ее распылителем или кистью на холодные и горячие (до 40…50°С) поверхности сплошным тонким слоем (0,1…0,3 мм); обладать достаточной адгезией с металлом форм; быть достаточно водостойкой и не смешиваться с бетоном; не оказывать вредного действия на твердеющий бетон; не оставлять пятен на поверхности изделий; не вызывать коррозии рабочей поверхности формы; не создавать антисанитарных условий в цехах и быть безопасной в пожарном отношении. На заводах применяют три вида смазок: водные и водно-масляные суспензии, водно-масляные и водно-мыльные эмульсии, машинные масла, нефтепродукты и их смеси. Смазку на поверхность форм наносят обычно различными распылителями, а в тех местах, где неудобно их использовать, применяют специальные механизмы. Более тонкое распыление и большой факел могут получиться, если применить для нанесения смазки сжатый воздух. Расход эмульсионной смазки при механизированном распылении сжатым воздухом составляет 200…300 г/м^2.

Пост сборки форм.

Откидные борта к поддонам крепят при помощи трубчатых или пластинчатых шарниров. Продольные и поперечные борта форм соединяют между собой замками натяжного типа, так как они обеспечивают плотное соединение бортов и не раскрываются при действии вибрации. Борта имеют прорези для установки монтажно-стыковых изделий. Торцевые борта имеют прорези для пропускания напрягаемых арматурных стержней. Эти прорези прикрываются рубероидом во избежание утечки цементного молока. Для

закрепления напрягаемой арматуры устраивают упоры, которые должны обеспечивать легкую установку арматурных элементов.

Форма перемещается на пост армирования.

Схема армирования должна соответствовать приведенной на рисунке 4.

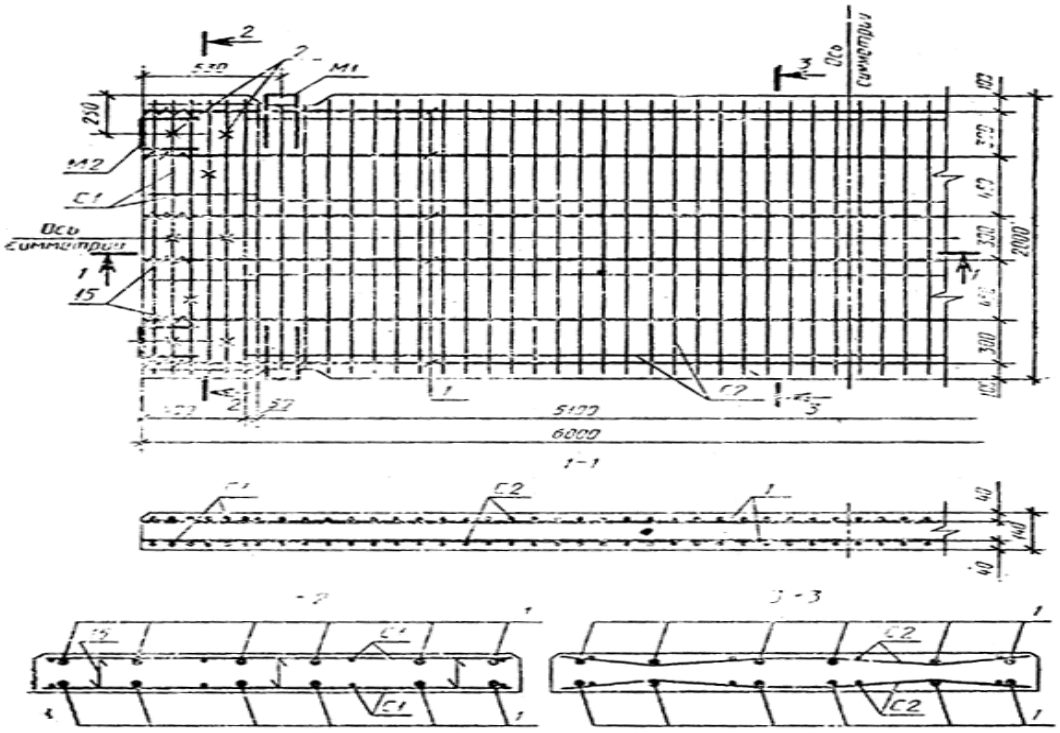


Рисунок 4 - Армирование плит ПАГ20-А1V

От положения арматурных элементов в форме зависят прочностные показатели железобетонных изделий и их долговечность.

Расстояние между арматурными изделиями и арматурными элементами, а также между стенками формы и арматурными изделиями должно обеспечивать проход бетонной смеси, кроме того, необходимо соблюдать требуемую величину защитного слоя бетона.

Для продольной несущей напрягаемой арматуры в плитах ПАГ толщина защитного слоя должна составлять не менее 15 мм.

Для обеспечения толщины защитного слоя широко используют различные фиксаторы арматурных изделий. Сетки можно фиксировать путем разреза в нескольких местах арматуры и изгиба ее концов так, чтобы они упирались в форму. Фиксаторы из цементно-песчаного раствора применяют в виде подкладок без прикрепления к арматуре.

Армирование производят следующим образом:

-на фиксаторы поддона укладываются 2 сетки С-1 и 1 С-2;

-монтажно-стыковые петли М-1, М-2 вставляются в соответствующие прорези бортов;

-укладываются 5 напряженных стержней с предварительно установленными на каждом конце стержня спиралями;

-предварительно-напряженные стержни и сетки связываются между собой проволокой;

-производится укладка 5 предварительно-напряженных стержней аналогичным образом;

-устанавливаются 2 сетки С-1 и 1 С-2;

-сетки и предварительно-напряженные стержни фиксируются между собой проволокой.

Арматурные сетки следует привязать к напрягаемой арматуре следующим образом:

-крайние стержни нижней и верхней сеток С-1 к среднему и крайним стержням напрягаемой арматуры;

-стержни нижней сетки С-2 к каждому стержню напрягаемой арматуры через 500 мм, стержни верхней сетки С-2 – через 1000 мм.

Спецификация арматурных и монтажно-стыковых изделий, а также выборка арматурной стали на плиту приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Спецификация арматурных и монтажно-стыковых изделий

Арматурные и монтажно-стыковые изделия	Число изделий на плиту	Выборка стали на плиту		
		Сечение	Общая длина, м	Масса, кг
Сетка С-1	4	∅8AIII ∅5ВрI	47,52 6,48	18,80 0,92
Сетка С-2	2	∅5ВрI	245,44	35,34

Напрягаемый стержень		10	∅14АтIV	60,00	72,60
Спираль		20	∅3ВрI	25,00	1,30
Монтажно-стыковые изделия	М-1	4	∅18AI ∅10AI	3,20 2,00	6,40 1,24
	М-2	4	∅16AI	2,56	4,08

Хранение арматурной стали, поступившей на завод, необходимо осуществлять в закрытых складах по профилям, классам, диаметрам и партиям на стеллажах, в штабелях со свободными проходами. Допускается хранить арматурную сталь под навесом при условии защиты ее от влаги. Не допускается хранить арматурную сталь на земляном полу, а также в условиях, ведущих к возникновению коррозионных явлений (вблизи агрессивных сред, повышенная влажность и так далее).

Арматурные изделия подлежат изготовлению в арматурных цехах на специализированных комплексно-механизированных и автоматизированных линиях.

Механическая обработка арматурной стали включает правку, отмеривание и резку, а также гнутье стержней и сеток и изготовление монтажных петель.

Готовые арматурные изделия и стержни для предварительного напряжения транспортируют внутри арматурного цеха, а также подают в формовочные цеха посредством специальных контейнеров, самоходных передаточных тележек, подвесных конвейеров.

Предварительное натяжение арматуры можно выполнять несколькими способами: механическим; электротермическим; электротермомеханическим и способом самонапряжения с использованием энергии расширяющегося цемента при его твердении.

Механическое натяжение арматуры осуществляется натяжными машинами и гидродомкратами, а также различными винтовыми и рычажными устройствами.

Электротермомеханический способ напряжения арматуры применяется при непрерывном армировании намоточными машинами.

Электротермическое натяжение заключается в том, что заготовленные стержни с анкерами на концах нагревают электрическим током до требуемого удлинения и фиксируют в жестких упорах форм или поддонов.

Натяжение стержневой арматуры класса АтIV диаметром 8…22 мм целесообразно осуществлять электротермическим способом.

Для восприятия усилия натяжения и сохранения его на всех стадиях технологического процесса, а в некоторых видах конструкций и при эксплуатации, служат анкерные устройства, являющиеся временной или постоянной частью арматурного элемента, или специальные зажимы для временного закрепления арматуры на упорах.

Конструкция зажима или анкера зависит от принятой технологии изготовления изделия и способа натяжения арматурного элемента. Принимаем анкера в виде высаженных головок.

Контроль натяжения арматуры – важная технологическая операция. Необходимо контролировать равномерность натяжения арматуры, степень натяжения арматуры перед бетонированием и надежность заанкеривания арматуры в бетоне перед отпуском натяжения.

При электротермическом напряжении необходимо обеспечить равномерный нагрев стержней по длине, что достигается хорошим контактом токоподводящих электродов со стержнями. Хороший контакт обеспечивается при прижиме с определенным усилием и при хорошем качестве поверхностей. Таким образом, следует контролировать не только удлинение и температуру нагрева арматурных элементов, но также усилие прижима и качество поверхности контактов. Необходимо не забыть об охлаждении преднапрягаемой арматуры и о том, что установка армирования происходит на двух разных постах в два этапа.[9]

После установки всех арматурных элементов форма перемещается на резервный пост, где она простаивает некоторое время для остывания арматуры.

Пост формования.

Процесс формования включает следующие операции:

-установку форм и формообразующих элементов,

-укладку, распределение, уплотнение в форме бетонной смеси,

- заглаживание открытой поверхности свежезаформованного изделия.

Качественное выполнение процесса формования обеспечивается при соблюдении требований к бетонным смесям, формующим установкам.

В соответствии с данными СНиП 3.09.01-85 был выбран поверхностный метод уплотнения смеси, так как подвижность смеси для ПАГ при использовании поверхностных вибраторов составляет 1…4 см.

Поверхностное виброуплотнение получило широкое распространение в промышленности сборного железобетона, поскольку позволяет полностью механизировать процесс формования изделий. Вибратор прикрепляется к бетоноукладчику и передает колебания бетонной смеси через рабочую площадку вибратора, устанавливаемую на открытую поверхность бетона.

Бетонная смесь обладает рыхлой нестабильной структурой с высокой пористостью и большим объемом вовлеченного воздуха. Необходимое условие получения однородного по плотности и прочности бетона – уплотнение смеси на стадии формования изделий. Бетонная смесь из бетоносмесительного цеха транспортируется ленточным конвейером в бункер-накопитель. Затем к бункеру-накопителю перемещается бетоноукладчик. Затвор бункера-накопителя открывается, и бетонная смесь попадает в бункер бетоноукладчика. После этого бетоноукладчик подъезжает к форме, которая заполняется смесью за один проход.

Укладка и равномерное распределение бетонной смеси внутри форм осуществляются бункерами, бетонораздатчиками и бетоноукладчиками.

Бункера и бетонораздатчики выдают смесь в форму без разравнивания. Бетоноукладчики имеют бункера, стационарно установленные на раме и иногда перемещающиеся в ней в поперечном направлении, их оснащают дополнительными устройствами, распределяющими смесь в форме. Бетоноукладчики уплотняют и заглаживают поверхность свежеотформованного изделия.

После укладки, уплотнения и заглаживания поверхности изделия его необходимо выдержать в течение не менее 30 минут.

Пост тепловой обработки.

Тепловая обработка изделий состоит из следующих этапов:

- зона нагрева;
- зона изотермического прогрева;
- зона охлаждения.

В качестве теплоносителя используется острый пар.

Изделия на поддонах расположены в один ряд.

Режим тепловлажностной обработки для изделия толщиной 14 см из тяжелого бетона с классом прочности на сжатие В25 составляет 9 часов (3ч+4ч+2ч).[9]

После тепловлажностной обработки форма с изделием подается на пост обрезки арматуры.

Форма с изделием закрепляется с помощью фиксатора. Обрезка напряженной арматуры производится с помощью газокислородной горелки.

После того, как стержни напрягаемой арматуры были обрезаны, форма с изделием поступает на пост распалубки.

Рабочий открывает замки формы, а борта открываются устройством для открывания и закрывания бортов.

Распалубленное изделие переворачивается кантователем рабочей поверхностью вверх и краном перевозится на промежуточный склад готовых изделий.

Далее осуществляется контроль и последующая маркировка изделий. По результатам приемочного контроля принимается решение о пригодности продукции к поставке потребителю. Кроме того, его результаты используются для выявления недостатков технологического процесса и внесения необходимых изменений. Маркировка изделий способствует улучшению контроля готовой продукции и организации ее отпуска потребителю.

Изделия, прошедшие контроль ОТК, транспортируются на открытый склад готовой продукции с помощью самоходной тележки.

2.2 Циклограмма работы машин технологической линии

Циклограмма помогает отобразить согласованность времени выполнения отдельных операций.

По циклограмме видно, что вторая машина может начать выполнение операций после того, как первая подготовила для нее фронт работ. Циклограмма отображает согласованность работы машин во времени.

Циклограмма строится только для одного цикла. Проекция любой линии на ось t – это длительность выполнения операции, проекция любой линии на ось S – это дальность перемещения машины при выполнении данной операции. Угол наклона линии оси абсцисс – скорость движения машины.

Крановые операции:

Работа крана №1

К1,1-К1,2-ожидание

К1,2-К1,3-строповка формы

К1,4-К1,5- расстроповка формы

К1,5-К1,6-холостой ход

К1,6-К1,7-ожидание

К1,7-К1,8- перемещение на пост ТВО

К1,8-К1,9-расстроповка

К1,10-К1,11-холостой обратный ход

Работа крана №2

К2,1-К2,2-строповка

К2,3-К2,4- расстроповка

К2,4-К2,5-ожидание

К2,5-К2,6-строповка изделия

К2,7-К2,8- расстроповка изделия

К2,8-К2,9- ожидание

К2,9-К2,10-строповка изделия

К2,11-К2,12-расстроповка

К2,13-К2,14-холостой обратный ход

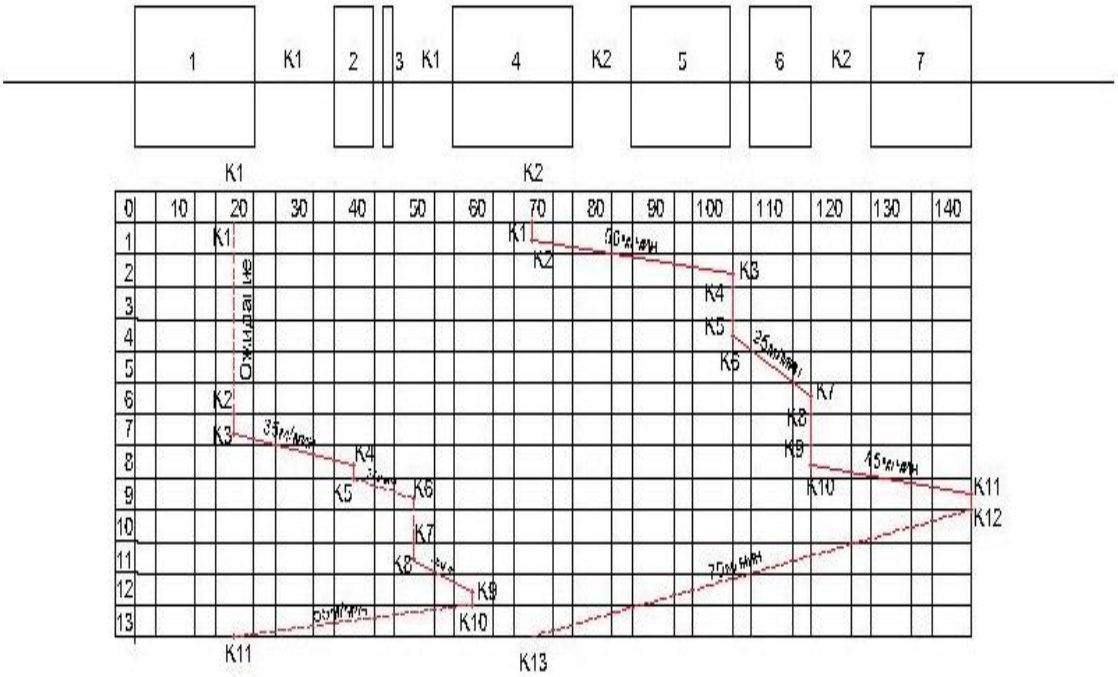


Рисунок 5 - Циклограмма

1- пост чистки и смазка,

2- пост армирования,

3-пост формирование,

4-ТВО,

5- пост распалубки,

6- пост доводки,

7-тележка.

Оптимизированный график распределения трудовых ресурсов

Процессы		Операции	Оборудование	Рабочие		Трудоем-кость	Длитель-ность, мин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
				Профессия, разряд	Чел.															
	Чистка и смазка	Сборка формы	Гайковерт, ломики	Бетонщик, 3	2	4	2	2	2											
		Чистка и смазка формы	Щетки, распылитель	Бетонщик, 3	2	8	4			2	2	2	2							
		Перемещение формы на пост армирования	Кран1	Такелажник, 3	2	4	2							2	2					
	Армирование	Сборка каркаса	Кондуктор	Арматурщик, 3	3	18	6	3	3	3	3	3	3							
		Установка каркаса в форму	Вручную	Арматурщик, 3	4	8	2							4	4					
		Перемещение формы на виброплощадку	Рольганг	Такелажник, 3	2	10	5									2	2			
	Формование	Укладка и уплотнение бетонной смеси	Бетоноукладчик, виброплощадка	Бетонщик, 3	2	10	5			2	2	2	2	2						
		Перемещение на пост ТВО	Кран1	Бетонщик, 3	3	6	2											3	3	
	ТВО	Подача на пост распалубки	Кран2	Такелажник, 3	2	4	2	2	2											
	Распалубка	Распалубка изделий	Электрический гайковерт, ломики	Бетонщик, 3	1	3	3	1	1	1										
		Перемещение на пост доводки	Кран2	Бетонщик, 3	1	3	3				1	1	1							
		Перемещение формы на пост чистки и смазки	Рольганг	Такелажник, 3	2	10	5									2	2	2	2	2
	Доводка	Доводка изделия	Кельмы	Бетонщик, 3	2	6	3									2	2	2		
		Погрузка изделия на тележку	Кран2	Такелажник, 3	2	4	2								2	2				

9													
8													
7													
6													
5													
4													
3													
2													
1													
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

2.3 Расчет состава бетона

Средний уровень прочности определяется:

$$Ry = Rт * Кмп = Вн *\cdot Кт * Кмп \quad (1)$$

где Rт – требуемая прочность, МПа;

Вн – нормируемая по классам прочность, МПа; Кт ,

Кмп – коэффициенты, зависящие от Cv;

КТ = 1,09, Кмп = 1,05, т.к. Cv = 7%.

Ry =40*·1,09·*1,05=45,78 (МПа)

Цементно-водное отношение (Ц/В)1 в номинальном составе бетона, обеспечивающее получение заданного среднего уровня прочности после ТВО:

$$(Ц/В)1 = (Rпб+0,37*Rпц+3,22)/ (0,43*·Rпц+5,6), \quad (2)$$

где Rпб – отпускная прочность бетона после ТВО, МПа;

Rпб = 0,7·Ry = 0,7·45,78 = 32,05 (МПа)

Rпц – активность цемента при пропаривании, МПа; (выбирается исходя из группы, вида и марки применяемого цемента), Rц = 32 (МПа).

(Ц/В)1 = (32,05+0,37*32+3,22)/(0,43*32+5,6) = 2,43

(Ц/В)2, обеспечивающее средний уровень прочности бетона в возрасте 28 суток нормального твердения:

$$(Ц/В)1 = (Ry−0,06*Rц+10) / (0,24·*Rц+10), \quad (3)$$

где RЦ – предел прочности цемента при сжатии в возрасте 28 суток, МПа.

(Ц/В)2 = (45,78–0,06·49+10)/(0,24·49+10) = 2,43

Из двух значений Ц/В выбираем большее и принимаем его для подбора начального состава бетона (Ц/В = 2,43).

Так как бетон для производства преднапряженных плит нормируется по водонепроницаемости, существует необходимость введения воздухововлекающих добавок. При воздухововлечении 4 % принятая величина Ц/В увеличивается на 0,02.

Ц/В = 2,43 + 0,02 = 2,45

Для начального состава бетона количество необходимой воды затворения принимаем исходя из заданной удобоукладываемости бетонной смеси, вида и наибольшей крупности заполнителя.

При проектируемой подвижности бетонной смеси, соответствующей осадке конуса 1 – 4 см и наибольшей крупности щебня 10 мм расход воды составляет 200 л на 1 м3 . Так как Ц/В не менее 1,25 и не более 2,5 расход воды не изменяется.

В качестве мелкого заполнителя используется песок Мк = 2,0 – расход воды не изменяется. В = 200 л на 1м3 бетонной смеси.

Расход цемента на 1 м3 бетонной смеси рассчитывается:

$$Цр = В *Ц/В , \quad (4)$$

$$Цр = 200*2,45=490 кг$$

Полученный расчетом расход цемента ЦР сравниваем с минимально допустимым по ГОСТ 26633 Цmin расходом цемента Цmin = 220 кг и с элементными нормами расхода ЦЭ, приведенными в СНиП 82-02-95. При этом должно выполняться условие:

$$Цmin \leq ЦР \leq ЦЭ$$

$$ЦЭ = Цб *\cdot К, \quad (5)$$

где Цб – базовые нормы расхода цемента, кг;

К – корректирующий коэффициент.

Цб = 580 кг для бетона касса В40 и отпускной прочностью 70 %.

$$К = К1* К1* К1*\ldots\cdot Кi , \quad (6)$$

где К1 *К2 * К3 · … ·* Кi – коэффициенты зависящие от свойств материала:

К1 = 0,92 для бетонов классов В30 и более и отпускной прочности 70…80 %;

К2 = 1,05 для цементов с густотой 27–30 %;

К3 = 1 для цементов II группы эффективности при пропаривании;

К4 = 1 для бетона на щебне;

К5 = 1,07 при наибольшей крупности заполнителя 10 мм;

К6 = 1 для щебня с содержанием зерен лещадной формы 25…35 %;

К7 = 1 для бетона с использованием песка Мк = 2,5;

К8 = 1 при использовании мелкого заполнителя из природных песков;

К9 = 1 для бетонных смесей с ОК 1–4 см;

К10 = 1 при использовании бетонной смеси температурой до 25 ºС;

К11 = 1,08 при изготовлении преднапряженных железобетонных конструкций.

К = 0,92 * 1,05 * 1,07 * 1,08 = 1,12.

Цэ = 580 * 1,12 = 649,6.

220 < 490 < 649,6

Для снижения водопотребности и сохранения подвижности бетонной смеси необходимо ввести добавку пластификатор. Используем добавку Glenium ACE 420 в количестве 0,8% от массы цемента. Получаем массу добавки:

Д = 490 * 0,008 = 3,92 кг.

Количество воды уменьшается, в связи с добавлением пластификатора, значительно уменьшающего расход воды затворения.

В = 200 * 0,8 = 160 кг.

Пересчитаем Ц/В = 3,06.

Далее для определения необходимого объема заполнителей на 1м3 бетонной смеси, нужно вычесть объемы воды и цемента. Так как была использована воздухововлекающая добавка, обеспечивающая в бетонной смеси 40л (4 %) равномерно распределенных пузырьков воздуха объем бетонной смеси составит 1000 л – 40 л = 960 л. Тогда абсолютный объем заполнителей:

$$VЗ = 960 – Ц/\rho ц – В/\rho в – Д/\rho д , \quad (7)$$

VЗ = 960 – 490/3,1 – 160/1 – 3,92/1,006 = 960 – 158,1 – 160 – 3,9 = 638 л

Долю песка в смеси заполнителей по абсолютному объёму выбирают в зависимости от расхода цемента и наибольшей крупности заполнителей с учетом удобоукладываемости бетонной смеси и крупности песка. Значение r высчитываем методом линейной интерполяции.

Так как НК щебня 10 мм, расход цемента 490 кг доля песка рассчитывается методом интерполяции исходя из значений r для НК щебня, r = 0,38. При Мк песка 2,5 его доля увеличивается:

r = 0,38+0,03 = 0,383.

Количество мелкого заполнителя (песка): 638 * 0,383 * 2,65 = 647,5 кг

Количество крупного заполнителя (щебня): 638 * 0,617 * 2,7 = 1062,8 кг

В итоге, расход материалов по массе на 1м3 уложенной и уплотненной бетонной смеси:

– цемент 490 кг;

– песок 647,5 кг;

– щебень 1062,8 кг;

– вода 160 кг;

– добавки 3,92 кг. В виде отношения по массе между цементом, песком, крупным заполнителем (принимая расход цемента за единицу), при Ц/В = 3,06.

$$Ц/Ц : П/Ц : Щ/Ц = 1 : 1,3 : 2,2.$$

Расчетная средняя плотность уложенной и уплотненной бетонной смеси подсчитывается как сумма расходов всех компонентов по массе:

$$\rho = Ц + П + Щ + В + Д, \quad (8)$$

ρ = 490+647,5+1062,8+160+3,92 = 2364 кг/м3.

Таким образом, был подобран состав бетонной смеси, включающей в себя добавку пластификатора, которая обеспечит необходимые прочностные характеристики и длительный срок эксплуатации.

2.4 Режим работы предприятия

Режим работы предприятия принимается по ОНТП 07-85. Расчетное количество рабочих суток в году назначается исходя из 260 номинальных рабочих суток и длительности плановых остановок на ремонт, которая составляет: 7 суток для агрегатно-поточных, стендовых линий и кассетных установок, 13 суток – для конвейерных линий.[5]

Таким образом, расчетное количество рабочих суток в году для агрегатно-поточных линий составляет 247.

При определении режима работы предприятия следует принимать номинальное количество рабочих суток в году по выгрузке сырья и материалов с железнодорожного транспорта - 365; количество рабочих смен в сутки (без тепловой обработки) – 2 или 3; количество рабочих смен в сутки для тепловой обработки – 3; количество рабочих смен в сутки по приему сырья и материалов железнодорожным транспортом - 3; продолжительность рабочей смены – 8 ч. Таким образом, принимаем 3 рабочих смены в сутки.

Также при проектировании формовочных цехов используют следующие требования ОНТП 07 – 85:

- запас в формовочном цехе арматурных сеток, каркасов и других арматурных изделий создается на 4 часа;
- усредненная масса арматурных изделий, размещаемых горизонтально на 1 $м^2$ площади при хранении в формовочном цехе (с учетом проходов) из стали диаметром 14...22 мм составляет 0,05 т;
- объем в бетоне железобетонных изделий, приходящихся на 1 $м^2$ площади в период остывания, выдержки, контроля и доводки в формовочном цехе при хранении данных плит в горизонтальном положении составляет 0,35 $м^2$.[5]

3 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

3.1 Расчет виброплощадки

Расчет виброплощадок с круговыми и направленными колебаниями состоит в следующем [1, 2, 3, 6].

1. Определение массы колеблющихся частей виброплощадки

$$m_{ПОЛ} = m_{ПР} + m_{Ф} + m_{СОБ}, \text{ кг}, \quad (9)$$

где $m_{ПР}$ – приведенная масса формуемого изделия, кг,

$$m_{ПР} = k_1 \cdot m_{Б}, \text{ кг}, \quad (10)$$

$m_{Б}$ – масса бетонной смеси, кг; k_1 – коэффициент присоединения бетонной смеси, k_1= 0,15…0,25 – для малоармированных изделий, k_1=0,25…0,3 – для среднеармированных изделий, k_1=0,3…0,4 – для густоармированных изделий, (для расчетов примем за малоармированные изделия бетонные изделия плотностью 1800…1900 кг/м^3, за среднеармированные изделия бетонные изделия плотностью 2000…2200 кг/м^3, за густоармированные изделия бетонные изделия плотностью 2300…2500 кг/м^3); $m_{Ф}$ – масса формы, кг, (для расчетов примем $m_{Ф}$=$m_{ПР}$); $m_{СОБ}$ – масса колеблющихся частей виброплощадки, кг,

– для виброплощадок с направленными колебаниями

$$m_{СОБ} = (0,2...0,4)Q, \text{ кг},$$

$$m_{ПОЛ} = m_{ПР} + m_{Ф} + m_{СОБ} = 2 * 0,275 * (6 * 1,6 * 0,35 * 1800) + 0,3 * 15000 = 7826,4 кг$$

2. Определение суммарного статического момента дебалансов вибраторов

$$k = A \cdot m_{ПОЛ}, \text{ кг·м}, \quad (11)$$

где А – амплитуда колебаний, м.

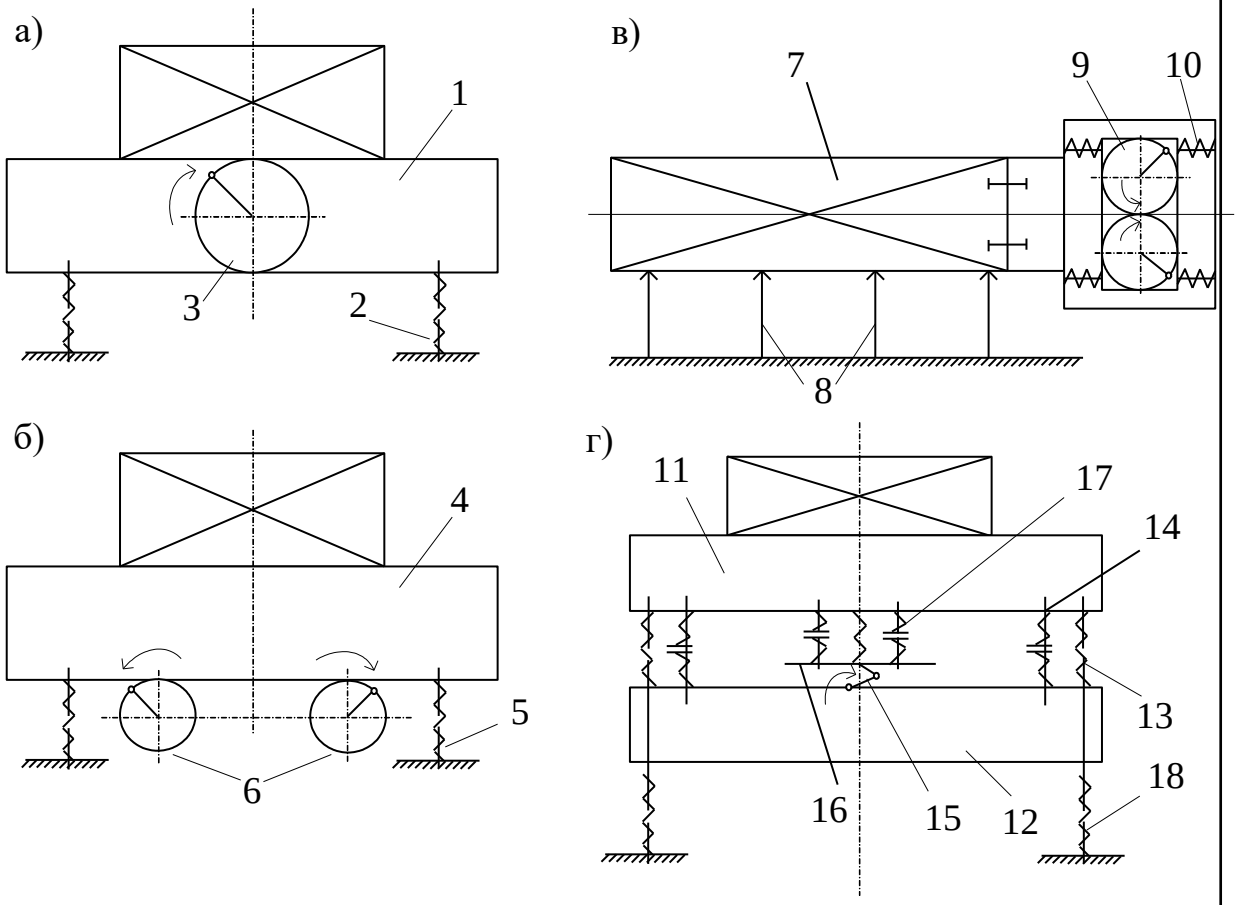


Рисунок 6 - Схемы основных типов виброплощадок:

а) с круговыми колебаниями; б) с вертикально направленными колебаниями; в) с горизонтально направленными колебаниями; г) ударно-резонансная виброплощадка.

$$К = А * m_{пол} = 0,5 * 10^{-3} * 7826,4 = 3,91$$

кг м

3.Опреление усилия необходимого для закрепления на виброплощадке формы с бетонной смеси

$$P_З = P - Q_1 = \left(m_Ф + k_1 \cdot m_{Б.СМ}\right) \cdot x_а \omega^2 - \left(m_Ф + k_1 \cdot m_{Б.СМ}\right) \cdot g, Н, \qquad (12)$$

где P – инерционная сила, Н; Q_1 – сила тяжести, Н; $x_а$ – амплитуда вибросмещений формы с бетонной смесью, $x_а=7\cdot10^{-3}$ м; ω – частота колебаний, $с^{-1}$; g – ускорение свободного падения, g=9,81 м/$с^2$.

$$P_З = (0,275*6*1,6*0,35*1800 + 0,275*6*1,6*0,35*1800)*7*10^{-3}*290^2$$
$$-(0,275*6*1,6*0,35*1800)*9,81 = 1925619,7*H$$

4. Определение мощности привода виброплощадки:

– для виброплощадок с направленными колебаниями:

$$N = \frac{k \cdot \omega^3}{4 \cdot 10^3 \eta_T \cdot \eta_C} \cdot (d + 2d \cdot \mu), \text{ кВт;} \quad (13)$$

– для виброплощадок с круговыми колебаниями

$$N = \frac{k \cdot \omega^3}{2 \cdot 10^3 \eta_T} \cdot (d + d \cdot \mu), \text{ кВт,} \quad (14)$$

где d – диаметр шейки вала под подшипником, м, d=7 см; μ – условный коэффициент трения в подшипниках качения, μ=0,003…0,005 – для шариковых подшипников, μ=0,005…0,008 – для роликовых подшипников; η_T – КПД трансмиссии, η_T=0,94…0,98; η_C – КПД синхронизатора, η_C=0,9.

$$N = \frac{3{,}91 * 290^3}{4 * 10^3 * 0{,}96 * 0{,}9}(0{,}07 + 2 * 0{,}07 * 6{,}5 * 10^{-3}) = 1956{,}6\text{кВт.}$$

3.2 Технологическое оборудование, применяемое на технологической линии

1. Для обслуживания цеха используются два мостовых крана УРАЛКРАН (рисунок) грузоподъемностью 32 т.

Технические характеристики крана УРАЛКРАН:

– Грузоподъемность, т: 32;
– Максимальная скорость передвижения, м/мин: 96;
– Скорость подъема крюка, м/мин: 24;
– Скорость передвижения грузовой тележки, м/мин: 48;
– Нагрузка на колесо при работе, не более, кН: 100;
– Суммарная номинальная мощность электродвигателей, установленных на кране, кВт, не более: 100;
– Ток питания, кВт, не более: 380;
– Несущая балка: двутавр по ГОСТ 19425 – 74;
– Ширина пролета: 22,05 м
– Габаритные размеры, мм:

длина: 22050;

ширина: 6020;

высота: 1820;

– Масса, кг: 31900.

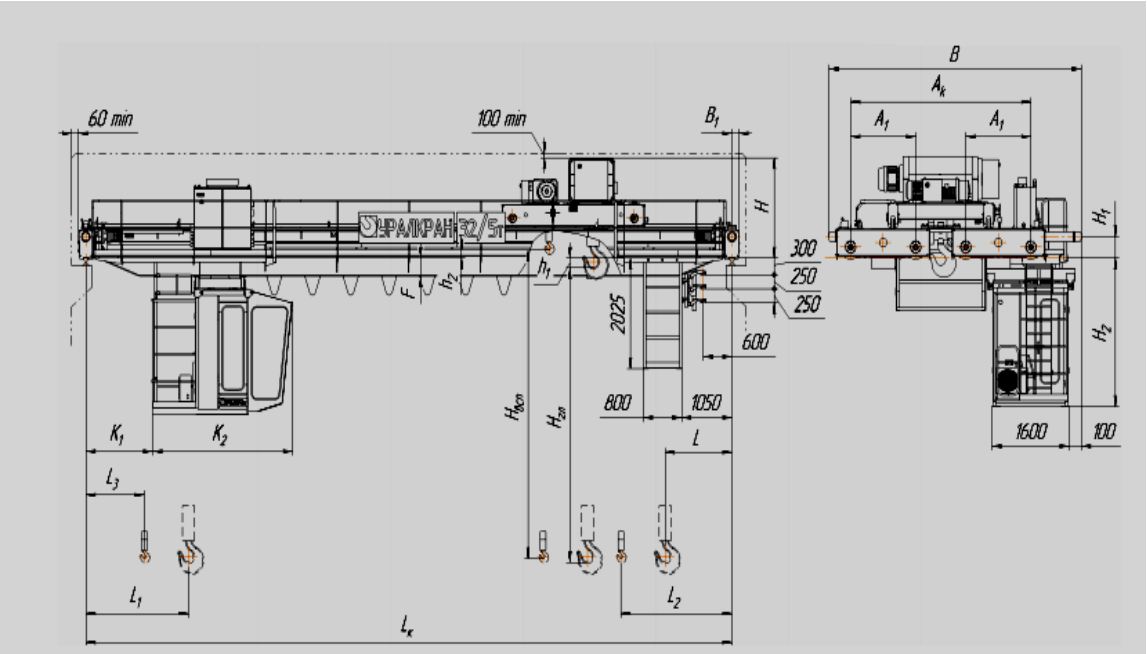


Рисунок 7 – Мостовой кран УРАЛКРАН 32/5 т

2. Для обслуживания склада готовой продукции на улице используется козловой кран К-451 (рисунок) грузоподъемностью 45 т.

Технические характеристики крана К-451:

– Грузоподъемность, т: 45;

– Максимальная скорость передвижения, м/мин: 38;

– Скорость подъема крюка, м/мин: 7;

– Скорость передвижения грузовой тележки, м/мин: 25;

– Давление колеса на рельс подкранового пути, не более, кН: 310;

– Суммарная номинальная мощность электродвигателей, установленных на кране, кВт, не более: 115;

– Габаритные размеры, мм:

длина: 38970;

ширина: 14550;

высота: 29700;

– Масса, кг: 87900.

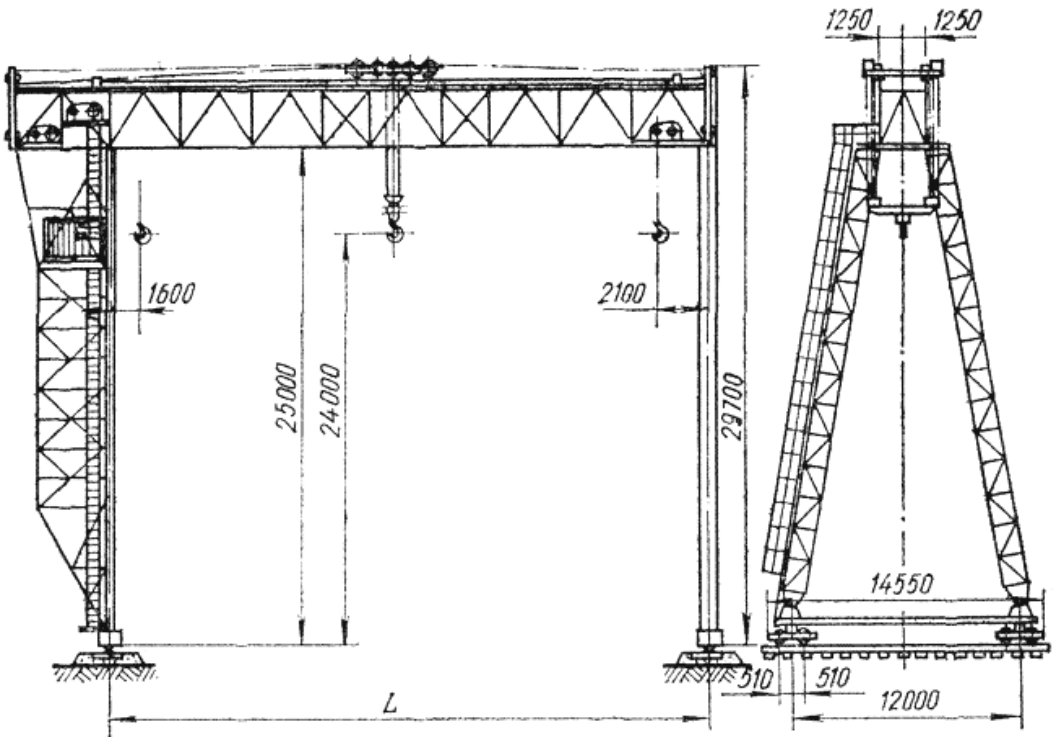


Рисунок 8 – Козловой кран К-451

3. Для автоматизации процесс подачи бетонной смеси для заполнения формообразующей оснастки используется бетоноукладчик СМЖ-859.

Бетоноукладчик СМЖ-859 состоит из рамы портального типа, бункера с ленточным питателем, заглаживающего ролика с приводом, привода подъема-опускания заглаживающего ролика, привода передвижения бетоноукладчика, электрооборудования, воронки. Воронка, в свою очередь, состоит из рамы, подвешенной к тележке посредством канатно-рычажного механизма, и корпуса воронки. Верхняя часть корпуса круглого сечения, а нижняя, через которую бетонная смесь истекает в форму, прямоугольного сечения. По периметру внутреннего сечения рамы установлено несколько роликов, служащих направляющими при повороте корпуса воронки вокруг вертикальной оси.

Бетоноукладчик предназначен для распределения, укладки и разравнивания бетонной смеси при изготовлении плоскостных железобетонных изделий шириной до 1500 мм и линейных железобетонных изделий типа свай, колонн, балок, расположенных на поддоне, в любом порядке при ширине не более 1500 мм.

Технические характеристики СМЖ-859:

Объем бункера, м3 – 2;

Потребляемая мощность электропривода, кВт – 4;

Напряжение питания , в – 380;

Частота тока, Гц – 50;

Скорость передвижение, м/с – 0,17;

Общая мощность, кВт – 28;

Габаритные размеры, мм:

Длина, мм – 3916

Ширина, мм – 2800

Высота, мм – 2900

Масса, кг – 4000.

4. Для уплотнения бетонной смеси используется вибрационная площадка ВПК-15.

Принцип действия: два одинаковых вибратора, установленные в одной плоскости, вращаются в разных направлениях, и создают таким образом направленные горизонтальные колебания. Оба вибратора работают синхронно. При небольшой грузоподъемности на оборудование устанавливаются дебалансные валы, которые должны находиться на одной горизонтальной плоскости и небольшом расстоянии друг от друга.

Технические характеристики вибрационной площадки ВПК-15:

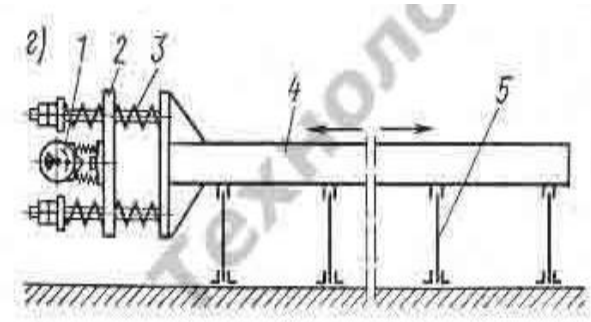
– Грузоподъемность, т: 15;
– Частота колебаний, Гц: 50;
– Число вибротумб, шт: 6;
– Рабочее напряжение, В: 380;
– Номинальная мощность, кВт: 26,4;
– Габаритные размеры, мм:

длина: 7700;

ширина: 1300;

высота: 800;

– Масса, кг: 4500.



1 - вибратор; 2 - виброплита; 3 - пружина; 4 - подвижная рама с упорной плитой рамы; 5 – рессоры

Рисунок 9 – Вибрационная площадка с горизонтальными колебаниями

Рисунок 10 – Вибрационная площадка ВПК-15

5. Для чистки форм в новом цехе помимо обычных скребков используется пневматический шабер KPT-J5.

Техническая характеристика:

– Диаметр поршня, мм: 25;
– Потребление воздуха, $м^3$/мин: 0,25;
– Частота ударов при рабочем давлении, Гц: 40;
– Габаритные размеры:

  Длина, мм: 750;

  Ширина, мм: 45;
– Масса……3 т.

Рисунок 11 – Пневматический скребок KPT – J5

6. Для равномерного, экономичного нанесения смазки на опалубку используется распылитель GLORIA.

Технические характеристики:

– Максимальный объем, л: 10;
– Максимальное рабочее давление, бар: 6;
– Рабочий температурный диапазон, ⁰С: 0…+50;
– Конус распыления, ⁰: 55;
– Максимальная производительность, л/мин: 2,33.

Рисунок 12 – Распылитель смазки Gloria

7. Для перемещения изделия и форм с помощью мостового крана используется грузоподъемная траверса ГПО-Т1-3,0/4,0.

Линейные траверсы предназначены для подъема и перемещения грузов различного характера при помощи концевых элементов или грузозахватных приспособлений.

Технические характеристики:

– Грузоподъемность, т: 3,0;
– Габаритные размеры:

Длина, мм: 4000;

Высота, мм: 530;

– Масса, кг: 190.

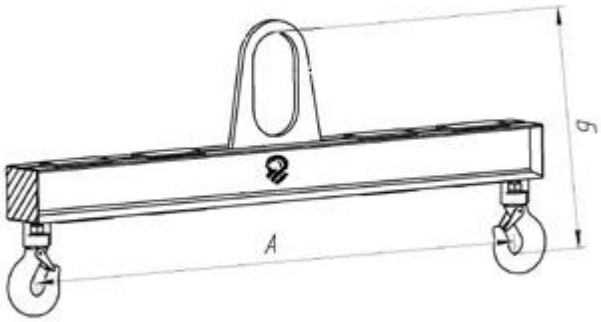


Рисунок 13 – Грузоподъемная траверса ГПО-Т1-3,0/4,0

8. Раскрывание бортов форм производится механизированным способом. Механизмом открывания и закрывания бортов служит гидроцилиндр, смонтированный на стойке и связанный рычагом, поворачивающимся относительно неподвижной оси. Питание приводов гидросистемы осуществляется от насосной станции. Каждая форма состоит из поддона и бортов. По продольным бортам расположено по два упора для механизированного открывания и закрывания бортов.

9. Для перемещения изделий на склад готовой продукции в цехе используется самоходная тележка СМЖ-151. Тележка предназначена для перемещения грузов массой до 20т по внутренним железнодорожным путям предприятий со стандартной шириной колеи или с шириной колеи по ТУ заказчика.

Технические характеристики:

– Грузоподъемность, т: 20;
– Скорость передвижения, м/мин: 30;
– Длина питающего кабеля телеги, м: 100;
– Мощность электродвигателя, кВт: 6,7;
– Габаритные размеры:

Длина, мм: 6700;
Ширина, мм: 2400;
Высота, мм: 900.

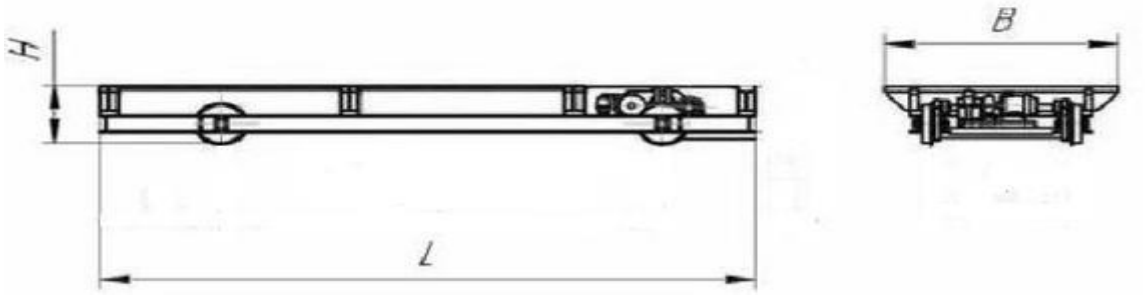


Рисунок 14 – Самоходная тележка СМЖ – 151

10. Для подачи бетонной смеси в бетоноукладчик используется ленточный транспортер желобчатого типа ЛК-Ж 500.

Принцип работы.

Конвейер ленточный желобчатый серии «ЛК-Ж» состоит из несущей рамы, в верхней плоскости которой установлены желобчатые роликоопоры рабочей ветви конвеера и дефлекторные ролики для предотвращения схода ленты, в нижней плоскости установлены прямые роликоопоры холостой ветви конвейера.

В начальной и конечной точках конвейера расположены приводной и неприводной (натяжной) барабаны, установленные в опорные подшипниковые узлы. Приводной барабан вращается при помощи мотор-редуктора, приводя в движение тяговый орган. В качестве тягового и грузонесущего органа применяется резинотканевая конвейерная лента, замкнутая в кольце и огибающая приводной и неприводной барабаны.

Для предохранения бетонной смеси от воздействия солнечных лучей, дождя и ветра над магистральными транспортерами устанавливается съемные легкие короба, составленные из отдельных звеньев. Зимой магистральные транспортеры утепляют и снабжают в случае необходимости обогревательными устройствами [19].

Технические характеристики:

– Ширина ленты, мм: 500;
– Диаметр барабанов, мм: 273;
– Мощность привода, кВт: 7,5;
– Частота вращения приводного барабана, об/мин: 60;

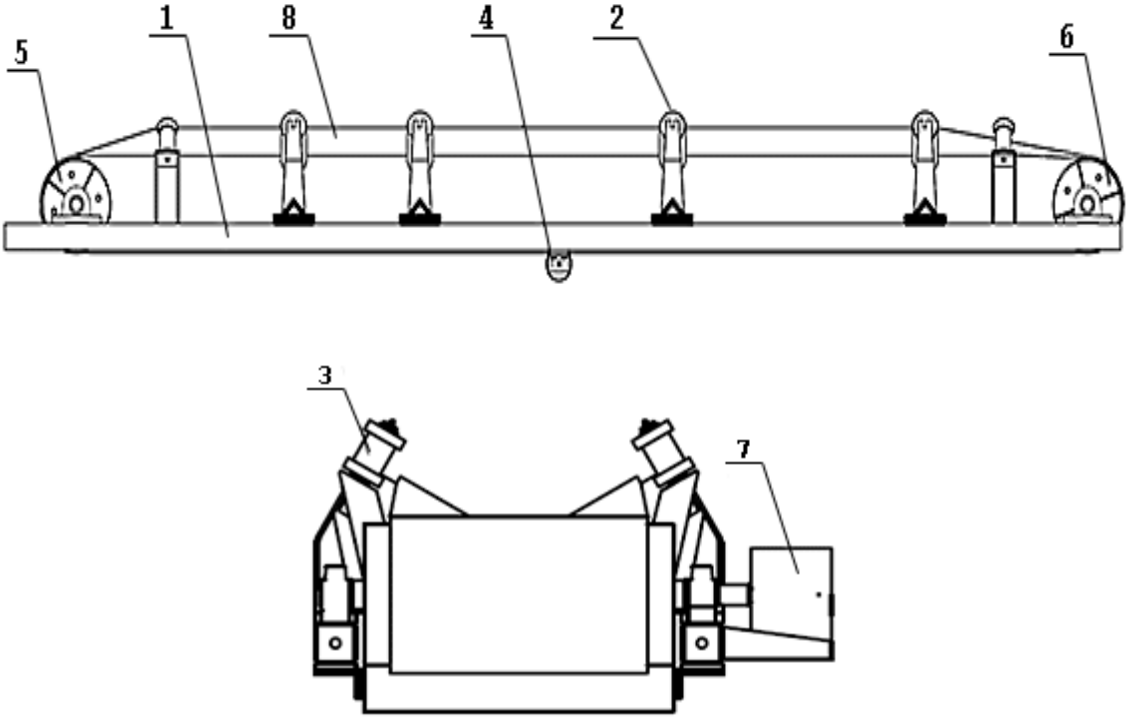
– Габаритные размеры, мм:

Длина: 20180;

Ширина: 600;

Высота: 700;

– Максимальный угол наклона,⁰: 15.



1 - несущая рама; 2 -желобчатые роликоопоры рабочей ветви конвейера; 3 - дефлекторные ролики; 4 - прямые роликоопоры холостой ветви конвейера; 5 - приводной барабан; 6 - неприводной (натяжной) барабан; 7 - мотор-редуктор; 8 - резинотканевая конвейерная лента.

Рисунок 15 – Ленточный конвейер желобчатого типа

Сводная ведомость основного оборудования, используемого на новой формовочной площадке, приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Сводная ведомость технологического оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Марка, тип	Кол-во, шт	Габаритные размеры, мм	Мощность ед., кВт	Мощность общая, кВт
1	Кран козловой	К-451	1	38970x14550x29700	115	115

2	Кран мостовой	Уралкран 32/5 т	2	22050x6020x1820	100	200
3	Вибрационная площадка	ВПК – 15	1	7700x1300x800	26,4	26,4
4	Бетоноукладчик	СМЖ-859	1	3916x2800x2900	4	4
5	Ленточный транспортер	ЛК-Ж 500	1	20180x600x700	7,5	7,5
6	Чистка	КРТ-J5	1	750x45	-	-
7	Распылитель смазки	Gloria	1	-	-	-
8	Грузоподъемная траверса	ГПО-Т1-3,0/4,0	2	4000x530	-	-
9	Самоходная тележка	СМЖ - 151	1	6700x2400x900	6,7	6,7
Итого:			11			455,6

4 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАМЕРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

Эффективность применения бетона в современном строительстве в значительной мере определяется темпами производства железобетонных изделий. Решающим средством ускорения твердения бетона в условиях заводской технологии сборного железобетона является тепловая обработка. Процесс тепловой обработки занимает 70…80% времени всего цикла изготовления изделий.

Тепловая обработка сборных железобетонных изделий производится до достижения ими требуемой отпускной (передаточной, распалубочной) прочности. При этом должна обеспечиваться необходимая прочность в возрасте 28 суток после пропаривания, то есть заданная проектная марка бетона.

Тепловая обработка сборных бетонных и железобетонных конструкций и изделий производится с применением режимов, обеспечивающих минимальный расход топливно-энергетических ресурсов и ускоренное достижение бетоном заданных значений прочности.

Режимы тепловлажностной обработки характеризуются длительностью отдельных стадий процесса пропаривания и температурой изотермического прогрева. С режимом тепловлажностной обработки бетона тесно связаны его строительно-технические свойства, расход цемента и тепловой энергии.

Общий цикл пропаривания разделяют на 4 периода: предварительное выдерживание – время от момента окончания формования изделия до начала повышения температуры среды камеры; подъем температуры среды в камере; изотермический прогрев – выдерживание при наивысшей заданной температуре; охлаждение – понижение температуры среды камеры.

Предварительное выдерживание изделий до начала тепловой обработки способствует формированию начальной структуры бетона, необходимой для восприятия им теплового воздействия. Длительность предварительного выдерживания зависит от всех факторов, которые определяют темп

начального твердения бетона. Чем выше темп начального твердения бетона, тем может быть короче время предварительного выдерживания. Принимаем, предварительное выдерживание изделий составляет 1 час. За время выдерживания бетон приобретает начальную прочность до 0,5 МПа, что позволяет повысить скорость подъема температуры без стимулирования деструкции.

Скорость подъема температуры для изделий с повышенной морозостойкостью бетона должна составлять не более 15°С/ч, а скорость охлаждения камер после изотермического прогрева при повышенных требованиях к бетону по морозостойкости не должна превышать 20°С/ч.

Оптимальной температурой изотермического прогрева при применении портландцемента и его разновидностей является 80…85°С. При пропаривании изделий, к которым предъявляются повышенные требования по морозостойкости, изотермическое выдерживание осуществляется при температуре не выше 80°С до достижения бетоном максимальной прочности. Относительная влажность воздуха в камерах тепловой обработки в период изотермического прогрева изделий должна быть не менее 90%.

Продолжительность выдерживания распалубленных изделий в цехе при температуре наружного воздуха ниже 0°С после окончания тепловой обработки следует принимать 12 часов. [9]

Подбор и обоснование режима тепловой обработки:

Выбор вида и режима тепловой обработки при изготовлении сборного железобетона осуществляется с учётом требований СНиП 3.09.01-85. Параметрами режима ТВО являются длительность и температура отдельных его этапов: предварительной выдержки, подъёма температуры, изотермического прогрева и остывания.

Скорость подъёма температуры следует назначать с учётом массивности и начальной прочности бетона в пределах 10-60°С/ч. Допускается подъём температуры среды с постоянно возрастающей скоростью или ступенчатый подъём.

Температуру и длительность изотермического прогрева следует назначать с учётом вида бетона, активности и эффективности при пропаривании цемента, его экзотермии и массивности изделия. При пропаривании изделий с использованием портландцемента температура разогрева не должны превышать 70 °С.

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

Относительная влажность воздуха в камерах тепловой обработки в период изотермического прогрева изделий должна быть не менее 98%.

4.1 Исходные данные

1 Вид изделия: предварительно напряженные железобетонные плиты ПАГ – 20 IV

2 геометрические размеры изделия, м:

Длина – l=6м

Ширина – b =2м

Высота – h =0,140м

3 Масса изделия – $G_и$=4200 кг

4 Объем бетона в изделий – $V_б$=1,68 м^3

5 Объем одного изделия – $V_и$=1,68 м^3

6 Расход арматуры на 1 м^3 бетона – $G_{аб}$=48 кг

7 Расход арматуры на 1 изделие – $G_а$=237,9 кг

8 Водоцементное отношение В/Ц=170/550=0,31

9 Масса бетона в изделии =4032 кг

10 Объемная масса бетонной смеси

$$P=G_ц+G_{мк}+G_в+G_п+G_щ \quad (15)$$

$$P=550+730+1000+170+40=2490\ кг/м^3$$

11. Расход материалов на 1 м^3, кг

Цемент – $G_ц$=550кг;

Микрокремнезем– $G_{мк}$=40кг;

Вода – $G_в$=170кг

Песок – $G_п$=730кг

Щебень – $G_щ$ =1000кг

12. Вес сухих веществ на 1м^3 - $G_{сб}$=2320 кг.

13. Вес сухих веществ на 1 изделие, кг:

$$G_{сл}=G_{сб}*V_б \quad (16)$$

$$G_{сл}=2320*1,68=3897.6 \text{ кг}$$

14. Количество воды, вступившее в реакцию с вяжущим (принимается по литературным данным)

$$G_{вс}=G_ц*a_1 \quad (17)$$

где a_1 – степень гидратации, 0,17.

$$G_{вс} = 550*0,17=93,5 \text{ кг}$$

15. Масса формы – $G_Ф$ = 7,85+8=15,85 кг

16. Размеры формы, м:

Длина – $l_ф$=6,5м

Ширина – $b_ф$=4,35м

Высота – $h_ф$= 0,49м

17. Температура загружаемых изделий – $t_о$ =20°С

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

19. Начальная температура в камере – t_1=20°С

20. Температура изотермической выдержки – $t_{из}$=80°С

21. Температура изделий при выгрузке из камеры охлаждения – $t_{ох}$=30°С

22. Удельная теплоемкость бетона – $C_б$=0,84 Дж/кг*град

23. Коэффициенты:

теплопроводности бетона - $\lambda_б$=1,56Вт/м*°С

температуропроводности бетона – $\alpha_б$=27,9*10^{-4} м^2/час

24. Прочность бетона после тепловлажностной обработки $R_{тво}$=27,5 МПа (70%).

4.2 Тепловой баланс

Расчет температуры изделия по стадиям тепловой обработки. Расчет температуры проводится для определения максимально возможной скорости

нагрева (плп охлаждения) изделия, определения фактических температур изделия.

Расчет проводится с помощью критерпальных уравнений исстационарного теплообмена для периодов подьёма температуры и изотермической выдержки.

4.2.1 Период подъема температуры

Критерий Био

$$B_i=\alpha_п*R_i/\lambda_б \quad (18)$$

$$B_i=\frac{27,9*0,07}{1,45}=1,35$$

где $\alpha_п$ – коэффициент теплоотдачи изделия в период нагрева, 27,9 $м^3$/ч;

R_i – характерный размер изделия (для изделий прямоугольного сечения половина минимального размера), 0,07 м

$\lambda_б$ – коэффициент теплороводности материала i-го слоя ограждения, 1,45 Вт/м*град

Критерий фурье :

$$F_o=\alpha_Б*D_П/R^2_i, \quad (19)$$

$$F_o= (7.2*10^{-4}*2)/0.07^2=0,3$$

Безразмерная температура поверхности $\theta_П$=0,3 и безразмерная температура центра изделия $\theta_ц$ =0,466.

Температура поверхности к концу стадии

$$t_{(1-2)П} = t_{(1-2)o} – \theta_П *(t_{(1-2)0} – t_1), \quad (20)$$

где $t_{(1-2)o}$ – средняя по времени температура среды за период.

$$t_{(1-2)П} = t_{oc}+5/6*(t_{из} – t_{OC}) \quad (21)$$

$$t_{(1-2)0} = 20+5/6*(65-20)=57.5°C$$

$$t_{(1-2)П} = 57,5-0,3*(57,5-20)=46,25°C$$

Температура центра изделия в конце периода

$$t_{(1-2)Ц} =t_{(1-2)o} – \theta_Ц *(t_{(1-2)o} –t_1), \quad (22)$$

$$t_{(1-2)Ц} =57,5-0,466*(57,5-20)=40,025°C$$

Средняя температура изделия в конце периода

$$t_{(1-2)o}=0,67*t_{(1-2)Ц} +0,33*t_{(1-2)П} \quad (23)$$

$$t_{(1-2)о} = 0,67*40,025+0,33*46,25=42,08°C$$

Фактическая средняя температура изделия

$$t_{(1-2)б} = t_{(1-2)о}. \quad (24)$$

$$t_{(1-2)б} = 42.08°C$$

4.2.2 Материальный баланс

Поступает в камеру;

- сухих веществ

$$G_c = V_{бк}*G_{c1} \quad (25)$$

$$G_c = 1,68*2320=3897.6$$

- воды

$$G_w = V_{БК}*G_B \quad (26)$$

$$G_w = 1,68*170=285,6кг$$

- метала форм

$$G_M = N_1*V_{бк} \quad (27)$$

$$G_M = 10*15,85=158,5кг$$

где N_1 – число изделий, уложенных в камере, 10 шт

- арматуры и закладных деталей

$$G_{ар} = G_{аб} * V_{бк} \quad (28)$$

$$G_{ар} = 1,68*48=80,64кг$$

4.3 Тепловой баланс периода подъема температуры

Тепловой баланс рассчитывается по периодам работы тепловой обработки. Единицей расчета служит – кДж/период.

Приход тепла:

Теплосодержание сухой части бетонной смеси, поступившей в зону

$$Q_{l-l} = G_c*c_б*t_o, \quad (29)$$

где $c_б$ – теплоемкость бетона при t_o =20°C, 0,84 кДж/кг*град.

$$Q_{l\text{-}1}=3897.6*0,84*20=65479.7$$

Теплосодержание влаги, содержащейся в бетонной смеси

$$Q_{l\text{-}2}=G_w*c_w*t_o \quad (30)$$

где c_w – теплоемкость воды при t_o=20°С, 4,19 кДж/кг*град

$$Q_{l\text{-}2}=285,6*4,19*20=23933$$

Теплосодержание арматуры и закладных деталей изделий, загруженных в камеру

$$Q_{l\text{-}3}=G_{ар}*c_a*t_{(1\text{-}2)0} \quad (31)$$

где c_a – теплоемкость арматуры, 0,48 кДж/кг*град

$$Q_{l\text{-}3}=80,64*0,48*57,5=2225,6$$

Теплосодержание форм

$$Q_{l\text{-}4}=G_м*c_ф*t_o \quad (32)$$

где $c_ф$ – теплоемкость материала формы, 0,48 кДж/кг*град

$$Q_{l\text{-}4}=158,5*0,48*20=1521,6$$

Тепло экзотермни вяжущего

$$Q_{l\text{-}5}=q_{ц1}*G_ц*V_И*N_п, \quad (33)$$

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

$V_И$ – объем бетона в изделий, 1,68м^3,

$q_{ц1}$ – тепло, выделившееся при гидратации 1кг цемента, кДж/кг

$$q_{ц1}=M_ц*\theta_1*\alpha_o*\sqrt{В/Ц} / 162+0,96*\theta_t, \quad (34)$$

где θ_1 – количество градусо-часов процесса,

$$\theta_1 = D_П*t_{(1\text{-}2)o}, \quad (35)$$

$$\theta_1 = 2*57,5=115 \text{ °С*ч}$$

α_o – коэффициент

$$\alpha_o=0,32+0,002*\theta_1\ , \quad (36)$$

$$\alpha_0=0,32+0,002*115=0,55$$

$$q_{ц1} = 1,373*0,55*115*\sqrt{0,31} / 162+0,96*115 =0,47 \quad (37)$$

$$Q_{l\text{-}5} =0,47*550*1,68*10=4342,8$$

4.4 Расход тепла

Qр = 59672,12 + 20408,65 + 1459,47 + 3672 + 239770,06 = 324982,3 кДж

На нагрев сухих материалов:

$$Q2-1 = Q1-1 = 59672,12 \text{ кДж} \quad (38)$$

На нагрев воды в бетонной смеси:

$$Q2-2 = (Gw - G\text{ви} - G\text{вг}) * cw * t\text{б} \quad (39)$$

$Q2-2$=(148,5 – 44,5 − 25,24)* 4,19*32,8 =10824,14 кДж.

На нагрев арматуры и закладных деталей:

$$Q2-3 = Q1-3 = 1459,47 \text{ кДж} \quad (40)$$

На нагрев форм:

$$Q2-4 = Q1-4 = 3672 \text{ кДж} \quad (41)$$

На нагрев материалов ограждений:

$$Q2-5 = Q1-5 = 239770,06 \text{ , кДж} \quad (42)$$

Потери тепла в окружающую среду через стенки камеры

$$Q2-6 = 3,6 * k * FH * Dn * (tct - toc) \quad (43)$$

$Q2-6$ = 3,6 ∗0,095*64,5*7(20 – 20)=0 г

де Dn – время изотермической выдержки, ч;

Fн – площадь стенки формы, м2 ;

tст – температура наружной поверхности стенки,ºС;

k– коэффициент теплопередачи, Вт/м2 · град.

$$k = 1 / (1\ \alpha 1 + \Sigma\ \delta i\ \lambda i + 1\ \alpha 2) \quad (44)$$

k = 1 / (1/0,17+ 0.055/0.042+ 2∗0.0025/56 + 1/0,3) = 0.095, Вт/м^2 · град

Потери тепла через крышку формы:

$$Q2-7 = 3,6 * k * Fkp * DH * (tkp - toc) \quad (45)$$

$Q2{-}7$=3,6*0,095*0,14*7*(75 – 20)=69кДж

где Fкр – площадь крышки, м2 ;

tкр – температура внутренней поверхности крышки,ºС

Потери тепла на испарение части воды затворения:

$$Q2{-}8 = G\text{ви} * (r + cB * t\text{б}) \quad (46)$$

$Q2{-}8$ = 44,5* (1005+ 2.45* 32,8) =48298,52 кДж

где r – скрытая теплота парообразования, кДж/кг;

св – теплоемкость воздуха, кДж/кг · град.

Сумма расходных статей:

Qр = Q(2 − 1) + Q(2 − 2) + Q(2 − 3) + Q(2 − 4) + Q(2 − 5) + Q(2 − 6) + Q(2 − 7) + Q(2 − 8) (47)

Qр = 59672,12 + 10824,14 + 1459,47 + 3672 + 239770,06 + 0 + 69 + 48298,06 = 363765,31

Qп = Qр=324982,3 = 363765,31 (74)

G1= (Qрасх− Qприх) / I = (363765,31−324982,3) /990 = 39,17 (75)

Удельный расход теплоносителя на тепловую обработку:

$$G\text{уд} = G1/\ V\text{бк} \quad (48)$$

Gуд = 39,17 /0,99 = 39,56

Таблица 6 – Тепловой баланс формы

Статья	Наименование	Значение	%
	Приход		
Q1-1	Теплосодержание сухой части бетонной смеси	59415,89	31,8
Q1-2	Теплосодержание влаги в бетонной смеси	21717,27	12,6
Q1-3	Теплосодержание арматуры и закладных деталей	1459,47	0,8
Q1-4	Теплосодержание формы	3672,00	1,9
Q1-5	Тепло материалов ограждений	7956,00	4,3
Q1-6	Тепло, вносимое теплоносителем	92524,65	48,6
Итого:		186745,28	100
	Расход		
Q2-1	Нагрев сухих материалов	59415,89	31,8
Q2-2	Нагрев воды в бетонной смеси	11513,99	6,2
Q2-3	Нагрев арматуры и закладных деталей	1459,47	7,8
Q2-4	Нагрев формы	3672,00	1,9
Q2-5	Нагрев материалов ограждений	7956,00	4,3
Q2-6	Потери тепла в окружающую среду	2154,26	1,2
Q2-7	Потери тепла на испарение части воды затворения	50183,87	26,8
Q2-8	Тепло, уносимое конденсатом	45340,71	24,2

Q2-9	Потери тепла с паром, уходящим через неплотности установки	5049,03	2,7
Итого:		186745,22	100

5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ

5.1 Используемые датчики и регуляторы

Для придания изделиям из бетона заданного комплекса эксплуатационно-прочностных характеристик после формовки они подвергаются термовлажностной обработке.

Автоматизированная система управления технологическим процессом термовлажностной обработки железобетонных изделий (АСУ ТП ТВО ЖБИ) предназначена для сбора, обработки и отображения информации о ходе технологического процесса, организации управления производства ЖБИ в стационарном (нормально установившемся) и динамическом режиме.

СУ ТП ТВО ЖБИ позволяет проводить:

контроль режимов технологического процесса, измерение основных параметров (температуры, избыточного давления, времени обработки, энергопотребление), сбора данных, представление полученной информации о состоянии техпроцесса обслуживающему персоналу завода;

автоматическое регулирование: стабилизация отдельных параметров техпроцесса и технологически связанных групп параметров;

обеспечение устойчивости протекания техпроцесса и реализации функций управления по стабилизации основных параметров;

дистанционное управление регулирующей, отсечной арматурой и технологическим оборудованием;

анализ состояния регулирующей и отсечной арматурой и технологическим оборудованием, сигнализация о всех отклонениях от нормального протекания процесса обработки;

архивирование измеряемых параметров, действий (бездействий) ответственных лиц с последующей выдачей записываемой информации в необходимом виде: электронном или бумажном.

Установка АСУ ТП ТВО можно использовать для всех способов тепловой обработки ЖБИ в ямных и туннельных камерах, кассетных установках и автоклавах. Назначение: Система предназначена для

управления технологическим процессом тепловлажностной обработки (ТВО) бетонных изделий. Объектом управления являются камеры ТВО, в которых железобетонное изделие проходит заданные циклы температурных воздействий. Каждая камера содержит паровой регистр для образования паровоздушной смеси в камере, паровую задвижку для регулировки подачи пара и систему удаления пара, обеспечивающие заданный температурный режим.

Система автоматического управления обеспечивает:

управление процессом по программе, заданной оператором;

контроль влажности и температуры в камерах ТВО;

автоматическое и дистанционное управление исполнительными механизмами;

определение аварийных ситуаций и оповещение о них;

контроль параметров технологического процесса и сигнализация об отклонении от технологических требований.

визуальный контроль за работой системы на экране компьютера;

звуковое оповещение персонала в случае возникновения аварийной ситуации;

ведение архива полной информации о работе системы; ·

связь по компьютерной сети с другими компьютерами предприятия, для оперативного обмена информацией (получения рецепта, передача данных).

САУ состоит из следующих основных частей:

программируемый логический контроллер WAGO I/O 750-841;

промышленный компьютер с программным обеспечением на основе AdvantiX IPC-SYS1-1;

датчики влажности и температуры в камерах ТВО; ·

запорно-регулирующие клапаны пара; ·

датчики температуры, давления и расхода пара;

воздушные заслонки на каналах систем вытяжной вентиляции; ·

вытяжные вентиляторы.

Автоматизированное рабочие место оператора. АРМ оператора построено на основе персонального компьютера и SCADA-системы IPC-SYS1-1 фирмы AdvantiX. АРМ оператора обеспечивает: визуализация параметров технологического процесса; ·подача команд оператора в режиме ручного управления; ·запись информации о параметрах процесса в архив; выявление и регистрация событий и аварий в системе; ·просмотр текущих и исторических данных в виде трендов; формирование конфигурационной и командной информации; ·обмен информацией с контроллерами; ·печать сменных отчетов в форме журнала ТВО.

Система делиться на три уровня, и в ее состав входят:

Исполнительные устройства, датчики температуры и давления;

Шкаф контроллера (ТВО К1);

Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора ТВО и инженерная станция.

В каждой из 3х камер установлен один датчик температуры и один отсечной клапан управления подачей пара (два дискретных сигнала управления 220 В и два дискретных сигнала положения). Кроме того, используются несколько сигналов контроля температуры и давления и управления на линиях паропроводов.

Связь контроллера с АРМ оператора и инженерной станцией осуществляется по сети Ethernet.

Верхний уровень системы представлен рабочей станцией, расположенной в помещении лаборатории, обслуживающей технологический процесс.

В рабочую станцию загружено программного обеспечение АРМ оператора.

Для отладочных целей и резервирования АРМ оператора к системе может подключаться компьютер инженерной станции с соответствующем программным обеспечением.

Основная функция системы - это поддержание температуры пара в пропарочных камерах в соответствии с циклограммой, задаваемой оператором. Контроль температуры в камере производится по выходному сигналу термометра сопротивления, рабочая часть которого помещена в камеру. Регулирование температуры пара в камере осуществляется открытием или закрытием клапана, установленного на паропроводе, по которому поступает в камеру пар.

Информация положения клапана, установленного на паропроводе поступает с датчиков положения клапана. Отслеживание заданного циклограммой значения температуры осуществляется автоматически с помощью алгоритма, выполняемого контроллером шкафа ТВО К1.

Контроллер обеспечивает одновременное отслеживание циклограмм. В дистанционном режиме работы системы реализовано ручное управление клапана для управления нагревом или остыванием пара в камере.

АРМ оператора ТВО позволяет контролировать на экране дисплея температуру в каждой камера, положение клапанов, режим работы, предупредительные и аварийные сообщения. По каждой камере осуществляется графическое отображение циклограммы в текущих значениях температуры в камере. В случае необходимости на экране можно отобразить в графическом виде архивные данные о выполненных циклограммах и значениях температур в камерах.

Для автоматической стабилизации гидростатического давления в чехлах форм в течение всего периода термообработки плит на каждом посту опрессовки устанавливаются регуляторы РЖДТ-1. Регулятор РЖДТ-1 предназначен для автоматической стабилизации давления от 30 до 350 Н/см2 воды, заключенной под резиновым чехлом и используемой для создания усилий опрессовки свежеотфармованных плит. Регулятор состоит из следующих частей (рис. 16): – системы трубопроводов (4, 5, 8, 9, 22, 23, 24); – усилителя первого каскада А: с мембраной 17, пружиной 18, рычагом 20, клапан-конусом 19; – усилителя второго каскада Б: с сервоприводом 14, пружиной 13, клапаном 16, манометром

15; – редукционный клапан 12; – два фильтра 1; – запорные вентили (2, 3, 10 и 11).

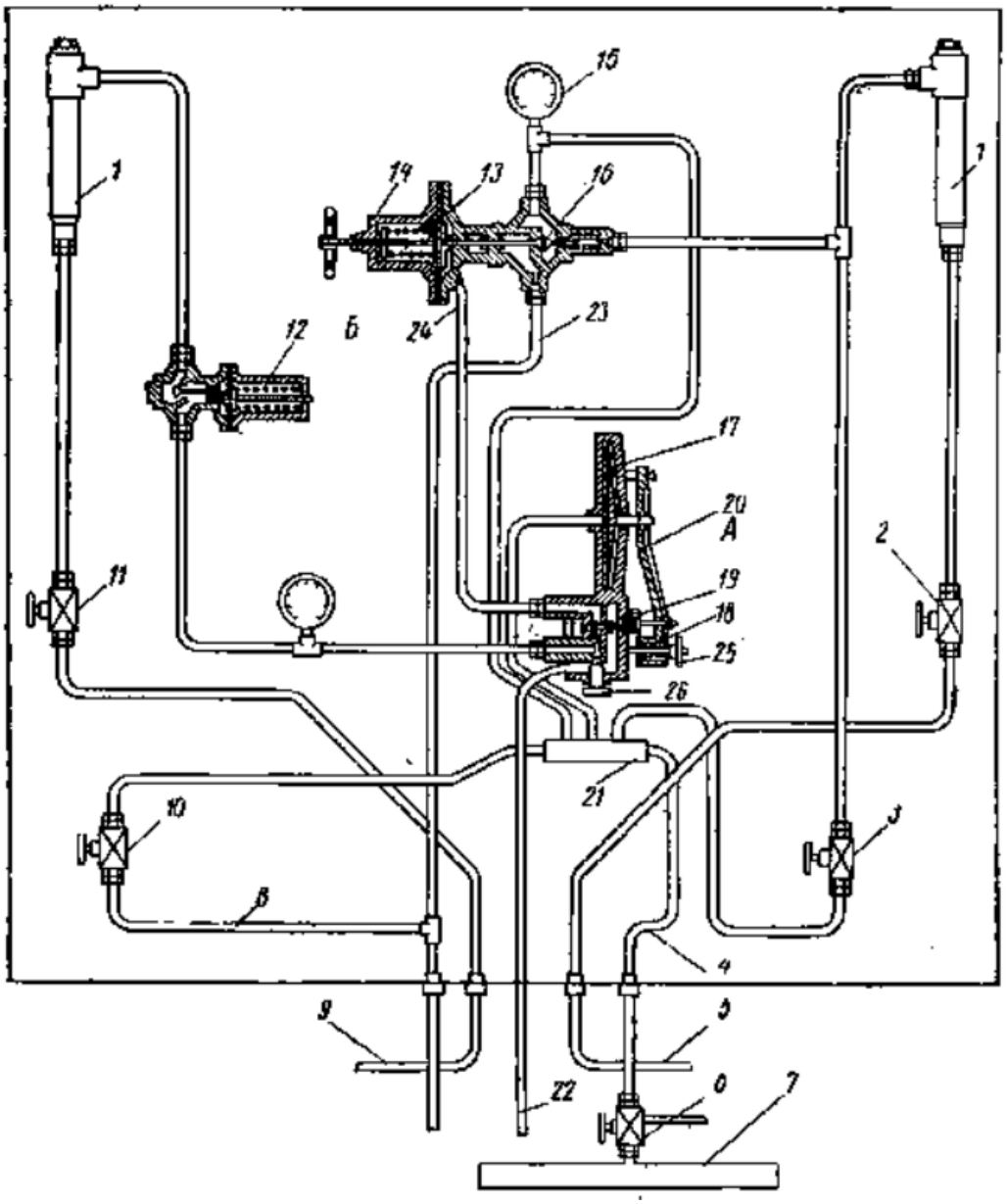


Рисунок 16 – Схема регулятора РЖДТ-1

5.2 Описание функциональной схемы ямной камеры

Тепловлажностная обработка железобетонных изделий является одним из наиболее длительных и ответственных процессов в технологии их производства. Сущность её состоит в том, что при повышении температуры среды до 80-100 скорость реакций гидратации значительно увеличивается, т.е. процесс твердения ускоряется и изделия в более короткий срок, чем при

обычной температуре, приобретают механическую прочность, допускающую их транспортировку и монтаж.

Ямные камеры имеют прямоугольную форму. Пол камеры бетонный с гидроизоляцией и слоем утеплителя, имеет уклон 0,005-0,01 для стока конденсата. Стены железобетонные с отверстиями для подключения к вентиляционному каналу, сообщения с атмосферой в период охлаждения и для ввода паропровода. Сверху камеру закрывают съемной крышкой, представляющую собой жесткую рамную конструкцию, заполненную теплоизоляцией. Для создания паронепроницаемости нижняя поверхность крышки обшита стальным листом. Крышку делают с уклоном 0,005-0,1 чтобы капли конденсата с нее не попадали на поверхность изделия. Уплотнение между крышкой и камерой выполнено в виде гидравлического затвора, представляющего собой желоб, образованный швеллерными балками, уложенными по периметру стен. Желоб заполняют водой, в которые погружены края крышки. Само конструктивное оформление камеры исключает её работу при повышенном давлении пара. Однако повышение температуры в камере приводит к увеличению в ней давления, что может привести к нарушению герметизации и выбиванию пара в помещение цеха. Подачу пара производят через перфорированные трубы, расположенные у пола и верха камеры, по периметру или двум длинным её сторонам.

Большое влияние на теплообмен в ямной камере оказывает интенсивная циркуляция теплоносителя. В целях уменьшения сопротивления движению пара расстояние между формами рекомендуют иметь не менее 50мм. Нижняя форма отстоит от пола камеры на 200мм для снижения воздействия холодного пола.

Ямные камеры применяют для тепловлажностной обработки крупногабаритных изделий, загружаемых мостовым краном с автоматическими траверсами с самозахватами. Формы с изделиями устанавливают друг на друга, а распалубленные изделия на поддонах - на автоматически поворачивающиеся кронштейны.

Коэффициент загрузки ямных камер - отношение объема пропариваемого бетона к объему камеры - в зависимости от размера и формы изделий, составляет 0,07-0,15.

Принцип работы ямной камеры состоит в следующем. После очередной загрузки камеры изделиями крышку закрывают и начинают впуск пара. Ввиду того что весь свободный объем камеры до этого был заполнен воздухом, в первый период тепловлажностной обработки сказывается вредное влияние воздуха - понижаются коэффициент теплоотдачи и скорость подъема температуры. Пока порциальное давление пара в паровоздушной смеси не достигнет максимального значения, т.е. пока весь воздух не будет вытеснен из камеры и её не заполнят чистым паром, температура при атмосферном давлении не достигнет 100.

Следовательно, в период подогрева изделий увеличение температуры связано с вытеснением из камеры воздуха и заполнением её паром. Период подогрева завершается, когда поверхность изделий нагреется до температуры теплоносителя.

Во втором периоде тепловлажностной обработки количество подаваемого пара меньше, чем в первом. В этот период происходит выравнивание температур по сечению изделий. По окончании периода изотермической выдержки подачу пара прекращают. В период охлаждения камеры вентилируют. Остывшие изделия выгружают, и цикл повторяют снова.

Показателем тепловой экономичности камер является термический КПД, в основном зависящий от суммы непроизводительных расходов теплоты. Из-за периодичности работы ямной камеры теряется теплота (до 20-25%), идущая на нагрев самой конструкции камеры, успевшей остыть за время очередной выгрузки и загрузки новой партии изделий. Потеря, достигающая 10-12% от общего расхода теплоты, обусловлена и утечкой пара через неплотности камеры из-за недостаточной герметичности соединительных приспособлений, главным образом между крышкой и

корпусом камеры. На расход пара большое влияние оказывают коэффициент загрузки камеры, а также металлоемкость форм, т.е. расход металла форм на 1м^3 бетона.

Функциональная схема автоматизации пропарочной камеры представлена на рисунке 16.

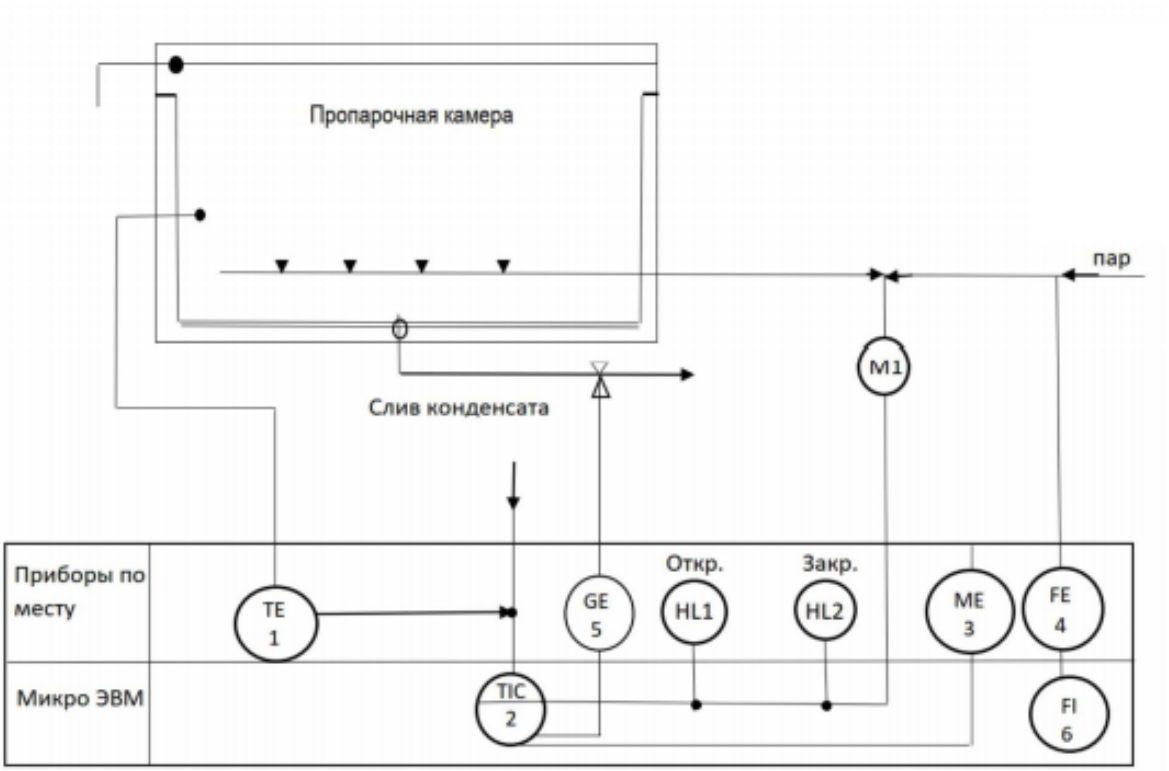


Рисунок 17 - Функциональная схема автоматизации пропарочной камеры

Спецификация представлена в таблице 6.

Таблица 7 - Спецификация автоматизации пропарочной камеры

№	Приборы и средства автоматизации	Обозначение
1.	TE	датчик t (термосопротивление)
2.	TIC	регулятор температуры
3.	ME	датчик контроля влажности
4.	FE	датчик расход пара
5.	GE	клапан (электромагнитный)
6.	FI	датчик измерения расхода пара
7.	HL1	лампочка 1
8.	HL2	лампочка 2
9.	M	шаговый двигатель

6 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

6.1 Выбор способа производства

На предприятиях сборного железобетона используются два способа изготовления изделий: стендовый - для массивных крупногабаритных изделий, производимых в неперемещаемых формах, и поточный, при котором отдельные технологические операции осуществляются в перемещаемых формах на специализированных постах.

Способ производства железобетонных изделий определенного типа выбирается в соответствии с требованиями СНиП 3.09.01-85 и других инструктивных документов.[8]

Согласно СНиП 3.09.01-85 преднапряженные плиты для аэродромных покрытий следует формовать, как правило, на агрегатно-поточных, полуконвейерных и конвейерных линиях.

Для выбора оптимального способа производства следует дать краткую характеристику каждого технологического способа

При агрегатном способе производства изделия формуют на виброплощадке или на специально оборудованных установках - агрегатах, состоящих из формовочной машины (обычно виброплощадки), машины для распределения бетонной смеси по форме (бетоноукладчика).

Отформованные изделия в формах мостовым краном перемещают в камеры тепловой обработки бетона для твердения.

Завершающая стадия - выдача изделий из камеры и их распалубка на специальном посту. После приемки готовых изделий ОТК их направляют на склад, а освободившиеся формы подготавливают к очередному технологическому циклу и возвращают на формовочный пост.

Некоторые операции выполняют параллельно (распалубку, осмотр изделий и подготовку форм совмещают по времени с формованием). При расчленении технологического процесса и соблюдении единого ритма возможна поточная организация производства. Для осуществления непрерывного производства технологическую линию оборудуют необходимыми транспортными средствами.

Конвейерный способ - усовершенствованный агрегатно-поточный способ формования железобетонных изделий. При конвейерном способе технологический процесс расчленяется на элементные процессы, которые выполняются одновременно на отдельных рабочих постах.

Формы с изделиями перемещаются от одного поста к другому специальными транспортными устройствами, каждое рабочее место обслуживается закрепленным за ним звеном. Для конвейера характерен принудительный ритм работы, то есть одновременное перемещение всех форм по замкнутому технологическому кольцу с заданной скоростью. Весь процесс изготовления изделий разделяется па технологические операции, причем одна или несколько из них выполняются на определенном посту. Тепловые агрегаты (термоформы, туннельные, щелевые и вертикальные камеры непрерывного действия) являются частью конвейерного кольца и работают в его системе также в принудительном ритме. Это обуславливает одинаковые или кратные расстояния между технологическими постами (шаг конвейера), одинаковые габариты форм и развернутую длину тепловых агрегатов.

Конвейерные линии по характеру работы могут быть периодического и непрерывного действия, по способу транспортирования - с формами, передвигающимися по рельсам или роликовым конвейерам, с формами, образуемыми стальной непрерывной лентой или составленными из ряда элементов и ботовой оснастки; по расположению тепловых агрегатов - параллельно конвейеру, в вертикальной или горизонтальной плоскости, а также в створе формовочной части.

Наибольшее распространение получили конвейеры периодического действия с формами, передвигающимися по рельсам и образующими непрерывную конвейерную линию из 6...15 постов, оборудованных машинами для выполнения операций технологического процесса. Изделия изготовляют с ритмом 12...15 минут; скорость перемещения 0,9...0,13 м/с; после выполнения одного элементного цикла вся цепь тележек-поддонов перемещается на длину одного поста, для формования изделий используют современные машины и

оборудование, при необходимости выделяют посты для укладки отделочного слоя; ко всем постам подают материалы и полуфабрикаты.

При производстве дорожных плит, проанализировав степень совместимости конструктивных и технологических параметров изделия в процессе формования и твердения, учитывая следующие параметры: вид и марку бетона, форму изделия, геометрические размеры, вид армирования, пришли к выводу, что наиболее целесообразно применить агрегатно-поточную технологию.

Агрегатно-поточный способ допускает высокий уровень механизации и автоматизации процессов, характеризуется сравнительно малой трудоемкостью и вместе с тем достаточно гибок к ассортименту выпускаемой продукции.

6.2 Посты и крановые операции

Грузоподъемность крана определяется по формуле (49):

$$Qk = N1 + N2 + N3, \quad (49)$$

где N1 – масса груза или изделия, N1 = 4,2 т;

N2 – масса формы, т:

$$N2 = [70S0 + 5\ N1*(L + 2b) + 16h4*(L + b) + N*L]/\alpha, \quad (50)$$

где α - средний конструктивный показатель, α = 0,39;

S0 – опалубливаемая поверхность изделия, S0 = 14,24 м^2;

L – длина изделия, L = 6 м;

b – ширина изделия, b = 2 м;

h – высота изделия, h = 0,14 м;

N – передаваемое на форму усилие натяжения арматуры, т:

$$N = S*n*\sigma sp, \quad (51)$$

где S – площадь поперечного сечения стержня, S = 3,14*1,42/4 = 1,54 см^2;

n – количество стержней, n = 10 шт.;

σsp = 65 кг/ см^2 – величина предварительного натяжения;

N3 – масса траверсы, строп и так далее:

$$N3 = 0,1(N1 + N2) \quad (52)$$

Определим передаваемое на форму усилие N по формуле:

N = 1,54*10*65 =1001 кг =1,001 т.

Определим массу формы по формуле:

N2 = [70*14,24 + 5*4,2*(6 + 2*2) + 16*0,144*(6 + 2) + 1,001*6]/0,39 = 3,11 т.

Массу строп вычислим из формулы:

N3 = 0,1*(4,2 + 3,11) = 0,731 т.

Таким образом, грузоподъемность крана Qk = 4,2+3,11 + 0,731 = 8,041т.

В соответствии с полученной грузоподъемностью принимаю мостовой кран со следующими техническими характеристиками:

Грузоподъемность……10 т

Масса…… 17,5 т

Скорость перемещения крюка……8 м/мин

Стоимость с электрооборудованием…… 8310 руб.

Так как три технологических линии принимаю три мостовых крана.

Количество самоходных тележек для вывоза готовых изделий на склад определяется по формуле (53):

$$nт = m*tц/60P*Ки, \quad (53)$$

где P – число часов работы в смену,

Ки – коэффициент использования оборудования, Ки = 0,85[5];

m – количество транспортных циклов за смену;

tц – продолжительность цикла, мин.

Тогда nт = 8*39/60*8*0,85 = 0,76 ≈ 1 шт.

Определение количества технологических постов на поточных технологических линиях.

Таким образом, окончательно определим количество постов:

Распалубка изделия осуществляются на 1 посту; подготовка формы к формованию на 2 посту; 3 и 4 пост – пост армирования; 5-формование;

6,7,8,9,10-посты выдержки перед ТВО; 11- пост охлаждения; 12- резервный пост.

6.3 Организация труда рабочих на технологической линии

В состав производственной бригады технологической линии входят рабочие, непосредственно выполняющие технологические операции, а также машинисты и операторы всех видов технологического оборудования, включая мостовые краны и передаточные тележки.

Профессии и тарифные разряды рабочих, занятых на технологической линии по изготовлению плит ПАГ – 20 IV, занесены в таблицу 8.

Таблица 8 – Состав производственной бригады.

Технологический пост, операция	Наименование профессии	Количество, чел.	Разряд
Пост распалубки			
Обрезка арматуры	Арматурщик	1	4
Раскрытие замков			
Строповка изделий	Такелажник	1	3
	Машинист крана	0,5	4
Пост армирования			
Доставка арматуры	Машинист крана	0,5	4
Установка нижнего ряда сеток, монтажных петель	Арматурщик	2	4
Связывание напрягаемых стержней и установленных сеток			
Установка верхнего ряда сеток	Арматурщик	2	4
Связка сеток с верхним рядом напрягаемых стержней			
Пост формования			
Укладка и уплотнение смеси	Машинист бетоноукладчика	1	4
Заглаживание и уплотнение	Формовщики отделочники	2	3
Технологический пост, операция	Наименование профессии	Количество, чел.	Разряд
Тепловлажностная обработка			
Перемещение и подача формы в ямную камеру	Крановщик	1	4
Тепловлажностная	Пропарщик	1	3

обработка			
Вывоз изделий на склад готовой продукции	Машинист самоходной тележки	1	4
Прием изделий	Контролер ОТК	1	4
Склад готовой продукции			
Съем изделий с тележки и укладка их в штабель	Машинист крана	1	4
Установка прокладок	Такелажник	1	3
Итого		16	

6.4 Компоновка технологических линий в цехе

Для размещения технологической линии принимается унифицированный типовой пролет 18×144 м при высоте подкрановых путей 7,85 м. Строительные конструкции УТП – 1 рассчитаны на мостовые краны грузоподъемностью до 30 т.

Арматурные изделия поступают из арматурного цеха на самоходной тележке, а затем транспортируются к месту складирования мостовым краном. Проезд из арматурного цеха в формовочный устроен напротив поста армирования.

Подача бетонной смеси в бетоноукладчик осуществляется ленточным конвейером. Подача бетонной смеси – адресная.

В последней торцевой 6м зоне располагаются бытовые помещения, а над ними – вентиляционные площадки, для создания воздушной завесы на воротах, через которые вывозится готовая продукция.

Для вывоза готовых изделий на открытый склад используют самоходную тележку. Склад готовой продукции располагается у торца формовочного цеха, через который вывозится продукция, с разрывом 5…10 м для аварийного проезда.[5]

6.5 Проектирование склада готовой продукции

Склады готовой продукции заводов железобетонных изделий проектируются в соответствии с ОНТП 07 – 85. Для хранения изделий и конструкций из тяжелого бетона применяют открытые склады, представляющие собой площадку с твердым покрытием с небольшим

уклоном для стока атмосферных осадков. При использовании мостовых кранов площадка оборудуется железобетонной рельсовой эстакадой, а также дорогами для подъезда транспортных средств и площадкой для их загрузки. Готовые изделия складируются в штабели. Между изделиями укладываются деревянные прокладки точно друг над другом, чтобы избежать повреждения изделий. Хранятся изделия и конструкции в рабочем положении.

Площадь склада готовой продукции ($м^2$) определяется по формуле (54):

$$А = Гсут*Тхр*К1*К2/Ги, \quad (54)$$

где Гсут – суточное поступление изделий на склад, $м^3$; Г сут =115*1,68=193,2 $м^3$;

Тхр – продолжительность хранения изделий на складе, сут., в данном случае 10…14 сут.; Т хр =12сут.;

К1 – коэффициент, учитывающий увеличение площади склада на проходы между штабелями изделий, К1= 1,5;

$К_2$ – коэффициент, учитывающий увеличение площади склада в зависимости от типа грузоподъемного механизма, для мостовых кранов $К_2$ = 1,3;

Ги – объем изделий, хранящихся на 1 $м^2$ площади склада, Ги = 1,8 $м^3$ для линейных элементов простой формы.

Таким образом, А =193,2*12*1,5*1,3/1,8 = 2511,6 ($м^2$).

Высота штабелирования изделий при хранении в горизонтальном положении допускается не более 2,5 м, минимальная ширина проходов между штабелями изделий – 0,8 м. К изделиям на складе должны быть свободные подходы.

6.6 Контроль технологических операций и готовой продукции

При производстве сборных железобетонных изделий технический контроль осуществляют на различных стадиях технологического процесса. В зависимости от этого контроль различают входной, операционный и приемочный. Контроль производства осуществляет цеховой технический

персонал, он отвечает за соблюдение технологических требований к изделиям.

Отдел технического контроля (ОТК) контролирует качество и производит прием готовой продукции, проверяет соответствие технологии техническим условиям производства изделий. Контроль может быть сплошным и выборочным. В производстве железобетонных изделий находит применение статический приемочный контроль качества – выборочный контроль с использованием статистических методов для обоснования плана контроля или корректировка этого плана по накопленной информации. При соответствующем качестве материалов и правильно организованном операционном контроле создаются условия выполнения технологического процесса, гарантирующие выход продукции высокого качества.

Таблица 9 – Производственный контроль

Контроль	Объект контроля	Содержание контроля	Исполнитель
Входной	Цемент	Вид, марка, наличие паспорта, физико-механические свойства	Лаборатория
	Заполнители	Вид, наличие паспорта, физико-механические свойства, влажность	Лаборатория
	Сталь арматурная и для закладных деталей	Вид, класс, марка стали, наличие сертификатов, физико-механические свойства	Лаборатория
Операционный	Приготовление бетонной смеси	Дозирование, перемешивание и удобоукладываемость	Лаборатория, работники бсц
	Изготовление арматурных изделий	Применение стали заданного класса и диаметра. Размеры и конструкция изделий и деталей	ОТК, работники арматурного цеха,
	Формы	Правильность сборки форм и равномерность их смазки	Работники формовочного цеха
Операционный	Формование железобетонных изделий	Правильность положения арматурных элементов и качество их фиксации в форме	ОТК, работники формовочного цеха
	Формование железобетонных изделий	Степень напряжения арматуры, заанкеривание концов арматуры; степень уплотнения бетонной смеси; качество открытых поверхностей изделий	ОТК, работники формовочного цеха

	Тепловая обработка	Контроль температуры, влажности и продолжительности процесса	ОТК
	Размеры, формы и качество изделий	Внешний осмотр изделий, проверка размеров и качества поверхности изделий	
Приемочный	Марка бетона, водонепроницаемость, морозостойкость	Испытание контрольных кубов на удовлетворение требованиям нормативной документации	Лаборатория
	Прочность бетона	Отпускная и марочная прочность бетона и другие физико-механические свойства; прочность, жесткость, трещиностойкость, определение защитного слоя бетона	Лаборатория ОТК
	Правильность укладки изделий	Проверка положения изделий и прокладок в штабеле, маркировка изделий	ОТК

К периодическим испытаниям относятся:

- прочность, жесткость и трещиностойкость изделий по ГОСТ 8829;
- марка бетона по морозостойкости, водонепроницаемости;
- истираемость, теплопроводность, водопоглощение, плотность тяжелого бетона.

Сплошной контроль осуществляют по наличию закладных и комплектующих изделий, монтажных петель и строповочных отверстий, правильности нанесения маркировки.

Для выборочного контроля из потока изделий в процессе их выпуска или после изготовления всей партии отбирают определенное количество изделий и определяют количество дефектных изделий в ней по каждому показателю. Для партии изделий, не принятой в результате выборочного контроля, допускается применять сплошной контроль, при этом изделия контролируются только по тем показателям, по которым партия не была принята.

Результаты входного, операционного и приемочного контроля должны быть зафиксированы в соответствующих журналах ОТК, заводской лаборатории и других документах.

Методы контроля.

1. Прочность бетона при ее контроле по образцам определяют по ГОСТ 10180 на серии образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава и хранившихся в условиях согласно ГОСТ 10105.

Определение фактической передаточной и отпускной прочности бетона на сжатие при их контроле неразрушающими методами в плитах (п. 2.4.) производят ультразвуковым методом по ГОСТ 17624, приборами механического действия или методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.

2. Морозостойкость бетона плит следует определять в соответствии с ГОСТ 10060 для бетона аэродромных покрытий.

3. Проверку нормируемых показателей качества бетонной смеси производят по ГОСТ 10181.0 - ГОСТ 10181.4.

4. Методы контроля арматурных и монтажно-стыковых изделий - по ГОСТ 10922 и ГОСТ 23858.

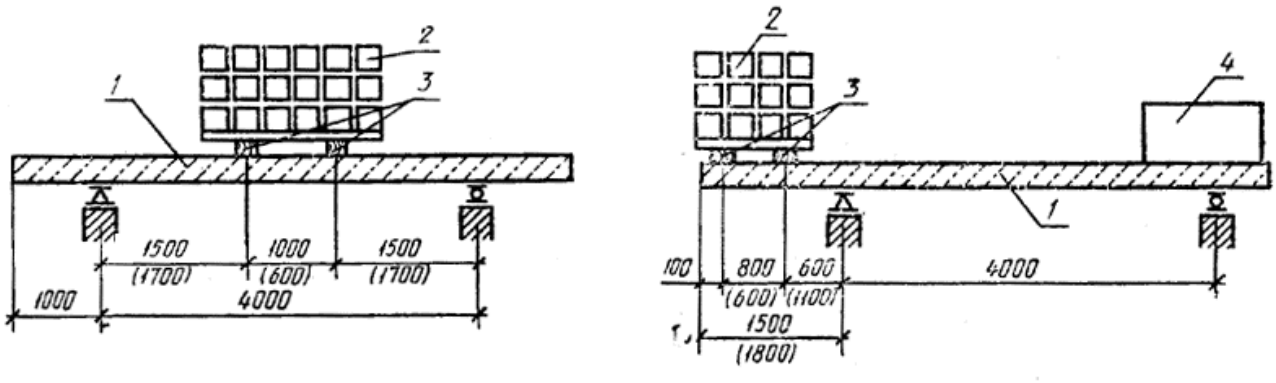
5. Методы контроля исходных сырьевых материалов, применяемых для изготовления плит, должны соответствовать установленным стандартами или техническими условиями на эти материалы.

6. Измерение контролируемого напряжения в напрягаемой продольной арматуре - по ГОСТ 22362.

7. Размеры, отклонения от прямолинейности профиля от плоскостности плиты, от перпендикулярности смежных граней, толщину защитного слоя бетона до арматуры, положение монтажно-стыковых изделий, а также качество бетонных поверхностей и внешний вид плит проверяют методами, установленными ГОСТ 26433.0 и ГОСТ 26433.1.

8. Контроль трещиностойкости плит

Схема А



1 - испытуемая плита; 2 - нагрузка на всю ширину плиты; *3* - деревянные брусья сечением 10Х10 см; 4 - пригрузочный балласт

Рисунок 18- Контроль трещиностойкости плит

Испытание плит по трещиностойкости нижней зоны следует проводить по схеме А, приведенной на черт. 3. Испытание плит по трещиностойкости верхней зоны проводят по схеме А или Б, приведенным на черт. 3.

Испытание плит после термообработки (с отпускной прочностью бетона) следует проводить не ранее 4 ч и не позднее 2 сут.

Вначале проводят испытание плиты по трещиностойкости нижней зоны, а затем испытание этой же плиты по трещиностойкости верхней зоны. При испытании плиты по трещиностойкости верхней зоны по схеме А, приведенной на черт. 3, плиту после испытания нижней зоны кантуют.

Загружение плиты при испытании проводят ступенями. Доля нагрузки каждой ступени должна составлять не более 10 % контрольной нагрузки, а двух последних ступеней — не более 5 %.

После приложения каждой ступени контрольной нагрузки плиту выдерживают под нагрузкой не менее 10 мин, а после приложения полной контрольной нагрузки — не менее 30 мин [7].

Значения контрольной нагрузки по испытанию трещиностойкости плиты приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Значения контрольной нагрузки

Марка плиты	Контрольная нагрузка, кН (кгс), по испытанию трещиностойкости плиты с прочностью бетона, соответствующей			
	отпускной прочности (п. 1.4.5), при испытании по схеме		классам бетона по прочности на растяжение при изгибе и по прочности на сжатие, при испытании по схеме	
	А	Б	А	Б
ПАГ-20А1V	62,6 (6300)	35,3 (3600)	83,4 (8500)	48,0 (4900)

6.7 Приемка

Приемку плит осуществляют партиями в соответствии с требованиями ГОСТ 13015.1 и настоящего стандарта.

В партию включают плиты одного типа, изготовленные предприятием по одной технологии из материалов одного вида и качества в течение не более одних суток.

Объем партии не должен превышать 200 шт.

Приемку плит производят по результатам:

приемосдаточных испытаний - по показателям прочности бетона (классам по прочности на растяжение при изгибе и по прочности на сжатие, передаточной и отпускной прочности), водоцементному отношению бетонной смеси, соответствию арматурных и монтажно-стыковых изделий, толщины защитного слоя бетона до арматуры, точности геометрических параметров, качества поверхности и внешнего вида плит, по трещиностойкости нижней и верхней зон плиты;

периодических испытаний - по показателям морозостойкости бетона, по объему вовлеченного воздуха в уплотненной бетонной смеси.

Партию плит по показателям их прочности и жесткости принимают, если удовлетворяются установленные настоящим стандартом требования по комплексу нормируемых и проектных показателей, характеризующих прочность бетона, толщину плиты диаметр и расположение арматуры, толщину защитного слоя бетона до арматуры, основные параметры арматурных и монтажно-

стыковых изделий, натяжение напрягаемой арматуры, физико-механические свойства арматурной стали, которые проверяются в процессе входного, операционного и приемочного контроля в соответствии с ГОСТ 13015.1.

Приемочный контроль прочности бетона (на основе результатов испытаний образцов бетона либо неразрушающих методов) осуществляют в соответствии с ГОСТ 18105.

Определение прочности бетона на растяжение при изгибе, а также прочности бетона на сжатие в проектном возрасте (п. 1.4.3) производят только по образцам.

Для контроля передаточной и отпускной прочности бетона на сжатие неразрушающими методами от партии отбирают три плиты.

Контроль прочности бетона проводят по пяти участкам любой поверхности плиты - по одному в середине плиты и в каждом углу на расстоянии 30 - 40 см от его вершины по биссектрисе.

В случаях, если при контроле будет установлено, что отпускная прочность бетона плит не удовлетворяет требованиям, указанным в п. 1.4.5, поставка таких плит потребителю должна производиться только после достижения, бетоном плит прочности, соответствующей классам по прочности на растяжение при изгибе и по прочности на сжатие (п. 1.4.3).

Периодические испытания по показателям морозостойкости бетона плит, а также по объему вовлеченного воздуха в уплотненной бетонной смеси проводят не реже одного раз в 6 мес., а также при изменении технологии изготовления плит, изменении исходных материалов и состава бетонной смеси, используемых для приготовления бетона.

Контроль водоцементного отношения в бетонной смеси осуществляют для каждой партии бетона плит.

Приемку арматурных и монтажно-стыковых изделий проводят до установки их в форму в соответствии с ГОСТ 10922 и ГОСТ 23858.

Приемку плит по показателям точности геометрических параметров, толщины защитного слоя бетона до арматуры, качества поверхности,

контролируемых путем измерений, следует осуществлять по результатам выборочного одноступенчатого контроля.

Приемку плит по наличию монтажно-стыковых изделий, по очистке их открытых поверхностей и ребер плит от наплывов бетона, наличию шелушения бетона и жировых пятен на рабочей поверхности плиты, правильности нанесения маркировочных надписей и знаков осуществляют по результатам сплошного контроля.

При приемке плит по показателям трещиностойкости их нижней и верхней зон от каждой партии плит отбирают для испытаний одну плиту, удовлетворяющую по другим показателям требованиям настоящего стандарта.

Допускается использовать для испытаний плиту, имеющую раковины, местные наплывы и околы бетона, размеры которых превышают допускаемые настоящим стандартом (п. 1.12.3) не более чем в два раза, и другие дефекты, не влияющие на прочность плит.

Плита считается выдержавшей испытание, если при контрольной нагрузке, на поверхности испытуемой зоны и боковых гранях не будут обнаружены трещины при тщательном осмотре через лупу с четырехкратным увеличением.

При неудовлетворительных результатах испытания на трещиностойкость хотя бы по одной зоне производится дополнительное испытание двух плит данной партии. Если из двух плит хотя бы одна не выдерживает испытания, то все плиты этой партии подвергают испытанию.

По согласованию с потребителем испытание плит на трещиностойкость допускается проводить не от каждой партии, а от большего числа плит и в другие сроки в зависимости от объема их выпуска, но не реже одного раза в месяц.

По результатам приемки составляют документ о качестве поставляемых плит в соответствии с ГОСТ 13015.3.

Дополнительно в документе о качестве должны быть приведены:

марка бетона по морозостойкости;

класс арматурной стали, примененной в качестве продольной напрягаемой арматуры (Ат-V, А-V, Ат-IVС, Ат-IV, А-IV);

марки арматурной стали классов А-I — А-III и марки углеродистой стали обыкновенного качества, из которой изготовлены монтажно-стыковые изделия плит.

6.8 Транспортирование и хранение

Транспортирование и хранение плит следует производить в соответствии с требованиями ГОСТ 13015.4 и настоящего стандарта.

Транспортировать и хранить плиты следует в горизонтальном положении.

Высоту штабеля плит при их транспортировании устанавливают в зависимости от грузоподъемности транспортных средств и допускаемых габаритов погрузки, но не более высоты штабеля плит при их хранении (п. 4.8).

Погрузку плит и их крепление при транспортировании на открытом железнодорожном подвижном составе (полувагоны, платформы) следует осуществлять в соответствии с требованиями Правил перевозки грузов и Технических условий погрузки и крепления грузов, утвержденных Министерством путей сообщения РФ.

Ориентировочный расход проволоки диаметром 6 мм для крепления плит на железнодорожном составе составляет 1,2 кг на 1 $м^3$ перевозимых плит.

Транспортная маркировка - по ГОСТ 14192.

Погрузку, транспортирование, разгрузку и хранение плит следует производить с соблюдением мер, исключающих возможность повреждения плит.

Плиты следует транспортировать с надежным закреплением на транспортных средствах, исключающим продольное и поперечное смещение плит, а также их взаимное столкновение и трение в процессе перевозки.

При транспортировании и хранении нижние плиты следует опирать на деревянные подкладки, а между плитами по высоте штабеля необходимо укладывать прокладки. Подкладки и прокладки следует располагать на

расстоянии 1 м от торца плиты перпендикулярно к ее длинной стороне и по вертикали одна над другой.

Толщина деревянных подкладок при жестком основании должна быть не менее 50 мм, а при грунтовом основании — не менее 100 мм. Толщина прокладок - не менее 20 мм.

Погрузочно-разгрузочные операции с захватом за монтажно-стыковые изделия следует производить по одной плите. Запрещается подъем двух и более плит с захватом за монтажно-стыковые изделия нижней плиты.

При использовании специальных такелажных устройств, работающих без захвата за монтажно-стыковые изделия, число плит в поднимаемом пакете не должно превышать трех.

Плиты следует хранить на складах в штабелях рассортированными по маркам и партиям. В штабеле допускается укладывать по высоте не более 10 плит [7].

7. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Техника безопасности – это система мер (организационных и технических) которые направлены на создание безопасных условий труда. Одними из способов достижения безопасности являются выявления и устранения причин несчастных случаев на производстве. Эти меры включают в себя следующие действия: создание правил безопасного производства работ, ограничение доступа к частям оборудования и механизмов, представляющих опасность, меры по обеспечения электробезопасности при работе с оборудованием, ознакомление и обучение работников правилам техники безопасности.

На предприятиях по производству железобетонных изделий санитарно-гигиенические условия труда и техника безопасности относятся к одним из самых главных условий для повышения производительности труда. Тем самым гарантируется сохранение здоровья каждого из работников формовочного цеха. Ещё на стадии проектирования предприятия закладываются нормы санитарногигиенических условий труда, которые должны будут исполняться при его эксплуатации. Для соблюдения безопасных и нормальных санитарно-гигиенических условий труда требуется строго выполнять правила техники безопасности и производственной санитарии, которые используются на каждом предприятии по производству железобетонных изделий.

Производственные процессы при изготовлении преднапряженных плит должны удовлетворять условиям СНиП 12-03-99. Безопасное ведение работ по погрузке и разгрузке, а также складские операции должны удовлетворять условиям ГОСТ 12.3.099:

1. Изготовление преднапряженных плит выполняется по агрегатно - поточной технологии. В процессе производства плит участвуют машины, механизмы и иные механические устройства. Работа цехового персонала ведется в зоне действия мостовых кранов.

2. В соответствии с «Правилами техники безопасности и производственной санитарии в промышленности строительных материалов» и СНиП 111-4-80 к

самостоятельной работе с цеховыми машинами и оборудованием по изготовлению преднапряженных плит допускаются лица не моложе 18 лет, которые прошли медицинское освидетельствование, были обучены правилам эксплуатации оборудования и владеют удостоверением о сдаче экзамена по технике безопасности.

3. Все электрическое оборудование, а также пульты управления в цехе должны иметь защитное заземление, что удовлетворяет «Правилам эксплуатации электроустановок».

4. Производственные операции при изготовлении плит должны выполняться в строго определенной установленной технологической последовательности.

5. Перед началом работ требуется проверить исправность и техническое состояние технологических машин, инструментов и грузозахватных приспособлений, таких как траверсы и стропы.

6. Работы на механическом оборудовании должны вестись при строгом выполнении соответствующих инструкций по технике безопасности.

7. Во время укладки бетонной смеси в форму а также при проведении тепловлажностной обработки не должно происходить самопроизвольной распалубки установки.

8. Рабочие места должны быть огорожены от приямок и мест проведения ТВО.

9. Настилы площадки, а также ступени лестниц необходимо делать из рифленой стали.

10. Перевозка грузов мостовыми кранами должны вестись по утвержденной технологической схеме.

11. Все подъемно - транспортные механизмы, грузозахватные приспособления и тары должны вовремя пройти испытания и иметь необходимые бирки с идентифицирующими надписями: обозначением номера, даты испытания и грузоподъемности.

12. Всё оборудование и механизмы должны иметь инструкции по их безопасной эксплуатации.

13. Рабочие места должны иметь освещение в соответствии с нормами освещения.

14. Ремонт машин, механизмов и технологического оборудования должен проводиться ремонтным персоналом.

15. В соответствии с СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий» уровень вибрации на рабочих местах не должен быть выше требуемых норм.

Техника безопасности при грузоподъемных работах:

1. Все работники формовочного цеха обязаны знать место расположения рубильников, с помощью которых можно аварийно отключить напряжение электрического крана.

2. Подъем и перемещение груза должно проводиться только по специальным сигналам стропальщика, не забывая подавать предупреждающие звуковые сигналы.

3. Крановщику запрещено оставлять на площадке и механизмах мостового крана инструменты, ремонтные детали и запасные части.

4. Перед тем, как приступить к работе, стропальщик обязан подобрать соответствующие грузозахватные устройства (траверсы, стропы), которые подходят по массе и характеру поднимаемого груза.

5. Стропальщик обязан убедиться в том, что груз хорошо закреплен, нет ли на грузе чужих деталей и посторонних людей около него.

6. Стропальщик обязан сопровождать груз во время его перемещения по цеху и следить, чтобы груз не проходил над работниками цеха и не мог за что-нибудь зацепиться.

Техника безопасности при смазке форм (оснастки):

1. Смазку форм производить с надетыми резиновыми перчатками, чтобы избежать кожных заболеваний рук при контакте со смазкой.

2. Смазку рабочих поверхностей форм выполнять строго сверху вниз.

3. В процессе смазки форм запрещены электросварочные работы, а также курение рядом.

4. Во время нанесения слоя смазки под давлением распылитель должен иметь длинную рукоятку (1,8 - 2 м).

5. Смазку распылять на рабочие поверхности полуформ равномерным слоем толщиной не более 0,2 - 1 мм.

6. Нельзя допускать попадания смазочного материала на площадки обслуживания. Если произошло попадание эмульсионной смазки на площадки, места посыпают опилками или песком, и в дальнейшем это всё утилизируется в тару под мусор.

7. Температура смазочного состава должна быть не более 60°С.

Мероприятия по пожарной безопасности:

1. Персонал формовочного цеха обязан выполнять противопожарный режим. Для обучения персонала должны быть отведены специально оборудованные места.

2. В формовочном цехе должны быть первичные средства пожаротушения: гидранты, ящики с песком, ведра, огнетушители и прочий инструмент.

3. После завершения работ силовое электротехническое и вентиляционное оборудование, радиаторы парового отопления требуется периодически очищать от грязи.

4. Все вновь поступившие на работу в формовочный цех работники обязаны пройти инструктаж по правилам противопожарной безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бетон считается одним из древнейших строительных материалов. Об этом свидетельствуют, сохранившиеся до наших дней, здания и сооружения. Вначале бетон использовался для возведения монолитных сооружений и конструкций, но наука на месте не стоит, и поэтому был создан ещё более эффективный прочный строительный материал – это железобетон. С развитием железобетонных конструкций, армированных сетками и каркасами, успешно начало развиваться строительство различных зданий и сооружений при наименьших трудовых затратах и повышенных сроках возведения.

При разработке дипломного проекта применил современную технологическую схему производства железобетонных изделий, благодаря которой автоматизируются и механизируются большинство операций технологического процесса. В проекте предусмотрены мероприятия по экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов: применение высокопроизводительного современного оборудования позволило повысить качество лицевой поверхности готового изделия. Строгое соблюдение технологических параметров, обеспечение поддержания заданных режимов позволяют снизить производственные потери на протяжении всего технологического процесса.

Экономия материалов позволяет сократить материальные и энергетические затраты, тем самым обеспечивая снижение себестоимости изделий, повышая конкурентоспособность на рынке сбыта.

В данной работе был разработан проект по производству железобетонных преднапряженных плит для аэродромных покрытий ПАГ-20 IV.

Принят режим работы технологической линии соответственно 253 суток.. Тепловая обработка производится в ямных камерах в течение 8,5 часов. По данным расчета определили потребность производства в бетонной смеси и материала, который определился в соответствии с программой выпуска железобетонных изделий по установленной производительности. Определили параметры складов сырья и готовой продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 225912.0-91 межгосударственный стандарт плиты железобетонные.
2. ГОСТ 25912-2015плиты железобетоные предварительно-напряженные.
3. ГОСТ 28042-89.Плиты покрытий железобетонные для зданий предприятий. Технические условия.
4. ОНТП 07-85 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятия сборного железобетона – Москва: Министерство промышленности строительных материалов СССР, 1986 - 52 с.
5. СНиП 3.09.01-85 Производство железобетонных конструкций . СССР 1985-38 с.
6. СП 52–102–2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции. –М.: Изд-во стандартов, 2004. –56 с.
7. Баженов М.Ю., Л.А. Алимов, В.В. Воронина Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий – М.: Издательство АСВ, 2005.472с.
8. Кравцов А.И. Проектирование предприятий по производству бетонных и железобетонных конструкций: учебное пособие/ А.И. Кравцов - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006.- 196с.
9. Практическое руководство для студентов по самостоятельному выполнению курсового проекта по дисциплине «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии»: методические указания / Т.И. Шевцова - Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2006. – 65 с.
10. Рабочие чертежи серии 1.465.1 – 20 плиты железобетонные ребристые для покрытий одноэтажных производственных зданий. Введен в действие с 01.03.93г. приказом ЦНИИпромиздат от 27.11.92 № 87.
11. Трофимов Б.Я. Технология сборных железобетонных изделий. Учебное пособие – Челябинск, Изд-во ЮУрГУ, 2013. – 348 с.

12. Трофимов Б.Я. Технология бетона, строительных изделий и конструкции: учебное пособие к практическим занятиям. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998.-86 с.
13. Чудновский Д.М. Экономика промышленности сборного железобетона.- М.:Стройиздат, 1977.-348 с.
14. Экономика производства и применения железобетона. Под ред. В.М. Агаджанова. - М.:Стройиздат,1976.-178 с.
15. Шерешевский, И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений: учебное пособие для студентов строительных специальностей / И.А. Шерешевский. – М.: «Архитектура–С», 2005. –168 с.