

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

/А.А. Орлов/

« »

2021 г.

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе
08.03.01.2021.245.00.00.ПЗ
Производство безнапорных железобетонных труб Т 800 способом
вибропрессования

Руководитель ВКР

/ А.А. Мясникова /

« »

2021 г.

Автор ВКР

Студент группы АС –

/ А.Р. Раззак /

« »

2021 г.

Нормоконтролёр

/Т.Н. Черных/

« »

2021 г.

Челябинск
2021

Аннотация

Раззак А.Р. производство безнапорных железобетонных труб Т 800 способом вибропрессования на предприятии ООО «НЗСМ» – Челябинск: ЮУрГУ, СМиИ, 2021, 114 с 24 рис, 17 табл. Библиографический список наименований – 37

В данной выпускной квалификационной работе представлен проект технологической линии по производству безнапорных железобетонных труб методом вибропрессования. Представлен список оборудования используемого на предприятии. Выполнен расчет механического оборудования, режима тепловой обработки и технико-экономических показателей. Дана характеристика исходных материалов и готовой продукции. Составлена технологическая карта содержащая требования, предъявляемые к материалам.

					08.03.01.2021.245.00.00.ПЗ			
<i>Изм</i>	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Раззак А.Р.			<i>Производство безнапорных железобетонных труб Т 800 способом вибропрессования</i>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Проверил		Мясникова А.А.				ВКР	6	114
Нормоконтр.		Черных Т.Н.				<i>ЮУрГУ (НИУ) Кафедра «Строительные материалы и изделия»</i>		
Зав. каф.		Орлов А.А.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. ОПИСАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ.....	11
1.1 Данные о предприятии.	11
1.2 Выпускаемая продукция	16
1.2 Технологические и конструктивно-эксплуатационные требования	19
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	21
2.1 Режим работы предприятия.....	21
2.2 Характеристика исходного сырья и материалов	24
2.3 Типы и основные параметры выпускаемых безнапорных труб.....	Error! Bookmark
2.3 Армирование и бетонирование изделия.....	30
2.4 Контроль качества продукции.....	32
2.5 Маркировка, хранение и транспортирование безнапорных труб.....	35
2.6 Теоретическое предложение по совершенствованию технологии производства безнапорных труб	37
3 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	38
3.1 Используемое на предприятии оборудование для производства безнапорных труб.....	38
3.2 Расчет бетоноукладчика СМЖ-96Д.....	47
4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА	54
4.1. Описание технологического процесса	54
4.2 Разработка схем технологического процесса	57
4.3.Циклограммы работы машин технологической линии	64
5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ	79
5. 1 Описание термоформы для изготовления железобетонных труб	79
5.2 Теплотехнический расчет камеры.....	82
6 АВТОМАТИЗАЦИЯ	90
6.1 Анализ производства и описание процесса автоматизации.....	90
6.2 Функциональная схема.....	92
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	96

7.1 Анализ вредных производственных факторов	96
7.2 Мероприятия защиты	99
8 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	103
8.1 Сравнение экономической эффективности производственного процесса до и после модификации технологической линии производства железобетонных безнапорных труб.....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	115
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	116

ВВЕДЕНИЕ

Железобетонные безнапорные трубы являются универсальными конструкциями, применяемыми практически во всех сферах строительного производства: промышленном, гражданском, сельско-хозяйственном, гидротехническом, водохозяйственном, железнодорожном и автодорожном. Безнапорные раструбные железобетонные трубы предназначены для прокладки подземных безнапорных трубопроводов глубокого заложения, транспортирующих самотеком бытовые и производственные жидкости, а также атмосферные, сточные воды

В дорожном строительстве данный вид железобетонных труб применяется для организации ливневых канализаций, водостоков. Простота в монтаже и доступность сделали железобетонные трубы одним из основных материалов при решении гидромелиорационных задач.

Коммунальные службы также используют раструбные железобетонные трубы при строительстве и реконструкции канализационных и водосточных коллекторов. Благодаря высоким показателям прочности, долговечности и водонепроницаемости железобетона, применяемого при изготовлении железобетонных труб, достигается высокий ресурс работоспособности водопропускных коммуникаций. Учитывая достаточно обширный спектр эксплуатационных условий, железобетонные раструбные трубы могут обладать различными физико-механическими характеристиками.

На производстве необходимо обеспечивать требуемое высокое качество поверхностей внутренней части раструба, что позволит обеспечивать быстроту и технологичность монтажа, а также достигать практически абсолютной герметичности трубопровода.

Кроме того, показатели долговечности железобетонных безнапорных труб и резиновых уплотнителей, должны составлять более 50 лет.

Актуальность работы

В настоящее время в промышленном, гражданском и транспортном строительстве значительный удельный вес составляют подземные трубопроводы

различного назначения. Среди всего разнообразия трубопроводов наиболее высокими показателями по долговечности, физико-механическим характеристикам и экономичности обладают железобетонные изделия. Кроме того, железобетон является одним из самых применяемых на сегодняшний день материалов.

В производстве безнапорных труб применяют различные технологии, наибольшее распространение из которых получил метод вибропрессования. Данный метод имеет ряд достоинств, таких как высокая производительность, стабильное качество продукции, минимальное количество рабочих и занимаемой производственной площади, высокая автоматизация производства и машинное управление.

Данный метод позволяет производить трубы различного диаметра и длины. Основной узел установки – приемок с установленным сердечником (металлический цилиндр на вибростоле соответствующий внутреннему диаметру формируемой трубы). На данный цилиндр одевается внешняя оснастка с заранее сваренным арматурным каркасом и производится формовка. После формовки смесь вибрируют и после набором изделий отпускной прочности (70%) производят распалубку.

На предприятии ООО «Новосмолинский завод строительных материалов» используют современное немецкое оборудование компании "SCHLOSSER PFEIFFER", позволяющее методом вибропрессования производить достаточно качественные безнапорные железобетонные трубы на жестких смесях. Производство на данном предприятии полностью автоматизировано. Для ускорения твердения бетона на предприятии вместо тепловлажностной обработки применяют добавки пластификаторов, микрокремнезем и метокаолин.

В данной дипломной работе предложен метод повышения эффективности производственной линии, за счет ликвидации пропарки изделий и использования добавок-ускорителей твердения. Что позволит значительно повысить качество изделий.

1. ОПИСАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

1.1 Данные о предприятии.

Компания ООО "НЗСМ" зарегистрирована 03 февраля 2016 регистратором Межрайонная инспекция Федеральной налоговой службы № 17 по Челябинской области. Основным видом деятельности является «Производство изделий из бетона для использования в строительстве», дополнительные виды деятельности: «Производство гипсовых изделий для использования в строительстве», «Производство изделий из асбестоцемента и волокнистого цемента», «Производство прочих изделий из гипса, бетона или цемента», «Торговля оптовая прочими строительными материалами и изделиями», «Торговля розничная строительными материалами, не включенными в другие группировки, в специализированных магазинах», «Хранение и складирование прочих грузов».

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН И ТРАНСПОРТ

Предзаводская зона завода и главный въезд на территорию предприятия расположен на юго-востоке. Также там располагаются склад для хранения металла, материальный склад, склад для хранения баллонов с кислородом для сварки, склад для хранения моторов, цемента, заполнителей. Склад готовой продукции располагается на северо-западе площадки относительно бетоноформовочного цеха. Зона подготовки и обработки поступающего сырья включает в себя бетоносмесительный цех.

Зона поста тепловлажностной обработки находилась в северной части бетоноформовочного цеха. После модернизации предприятия принято решение убрать пост ТВО. Фирма перешла на вибропрессование, но использовала при этом низкотемпературную пропарку, мы предлагаем ее убрать совсем и применять ускорители твердения. План цеха после модернизации можно увидеть на рисунке 1.

Бетоноформовочный цех состоит из технологической линии длиной 189 метров и шириной 18 метров. В пролетах предусмотрена работа кранового оборудования, приводных рольгангов и автопогрузчиков. Здание бетоноформовочного цеха каркасное, несущие элементы – колонны, стены

выполнены из кирпича и железобетонных панелей, перегородки выполнены из профнастила, железобетонных панелей, кирпича и оштукатурены, здание отапливается. Чердачные перекрытия выполнены из железобетонных плит, крыша – из мягкой рулонной кровли, полы бетонные. Так же цех оснащен системой вентиляции, естественным боковым освещением, водопровода, пожаротушения.

Общая площадь бетоносмесительного цеха 1774,5 м², в цехе 2 этажа. Здание бетоносмесительного цеха каркасное, несущие стены – бетонные столбы. Наружные стены выполнены из бетонных панелей и обшиты профнастилом. Чердачные перекрытия деревянные, а междуэтажные выполнены из железобетонных плит. Внутренние стены побелены.

Склад цемента – каркасное здание, фундамент выполнен из железобетона, наружные стены из оштукатуренного кирпича, крыша – из профнастила, полы бетонные. Цемент на завод поступает с Топкинского цементного завода в крытых специализированных вагонах бункерного типа. Склад цемента состоит из 4-х силосных банок емкостью 300 тонн каждая и двух силосных банок емкостью 500 тонн каждая. Общая емкость склада 2200 тонн.

Склад заполнителей – каркасное здание, несущие элементы – железобетонные колонны. Стены выполнены из железобетонных блоков и профнастила, фундамент – из железобетонных блоков. Щебень на завод доставляется собственным автотранспортом с Шершнинского щебеночного завода на разгрузочные площадки. Разгрузка песка с платформ производится в секции склада грейферным краном.

Склад хранения металла – каркасное здание, несущие элементы железобетонные колонны, наружные стены выполнены из оштукатуренного кирпича, крыша – из профнастила, полы бетонные. На складе храниться арматурная проволока, арматурные стержни, закладные шайбы и некоторые детали.

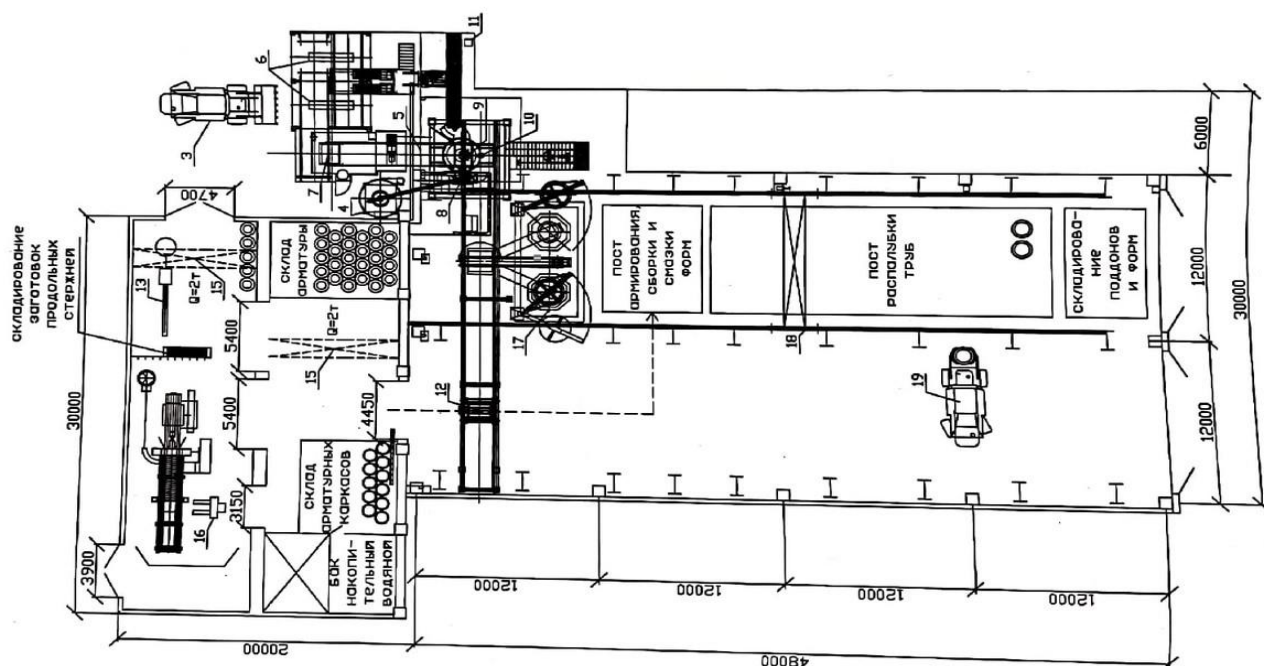


Рисунок 1 – План цеха после модернизации

Дороги и площадки с автотранспортом занимают 13795,63м², а с ЖД транспортом – 1695,1м². Они служат для транспортирования сырьевых материалов и готовой продукции, как на территории завода, так и за его пределами.

Основными видами внутризаводского транспорта для перемещения материалов на предприятии являются – электро-мостовые краны Q = 12,5т, Q=16т. Формы в цехе с поста на пост перемещаются передаточной тележкой. Так же загрузка ямной пропарочной камеры производится при помощи мостового крана Q=16т и траверсой с автозахватом для форм. Бетонная смесь подается в формовочный цех ленточный конвейером.

Краткая характеристика производства

Железобетонные безнапорные трубы гост 6482 выпускается на участке ЖБТ, являющимся структурни подразделением ООО «ЗТП «ЧелСИ».

В состав цеха входят:

- формовочный участок;
- арматурны утастск;
- склад цемента;
- склад заполнителей;
- склад готовой продукции.

Производственный корпус формовочного имеет размер в плане 73 * 48 м , с шагом колонн 6 м, оснащен одним мостовым краном Q =10тн и всеми основные коммуникациями.

В формовочном цехе размещена технологическая линия по выпуску бетонных и железобетонных изделий:

Выпуск железобетонных безнапорных труб, технологическая линия производительностью примерно 30 труб за 8 часов. Технологическая линия с неполной автоматизацией производственного процесса включает в себя изготовление арматурных каркасов, изготовление бетонной смеси, формование труб. Производитель оборудования фирма SCHLOSSER – PFEIFFER Германия.

Формование железобетонных труб производится на универсальной машине «VARIANT» 0150.

Доставка сырьевых материалов (песка, цемена, пигмента, химических добавок) осуществляется автомобильным транспортом.

Доставка арматурной стали, отгрузка изделий со склада готовой продукции осуществляется автомобильным транспортом.

Сведения о внутрипроизводственной системе контроля качества.

Контроль качества на производстве осуществляется службой качества, руководит которой главный инженер предприятия. На службу качества возлагается выполнение входного контроля поступающих материалов,

комплектующих изделий, текущего пооперационного контроля, приемочного контроля готовой продукции.

Состав службы качества:

- главный инженер -1 чел;
- начальник службы качества -1 чел;
- технолог -1 чел;
- ведущий инженер службы качества -1 чел;
- лаборант – 1 чел;
- контролер строительных изделий и материалов-1 чел.

Технический контроль осуществляется и в процессе автоматического регулирования всех технологических процессов по заданной программе (автоматический контроль).

Контроль качества выпускаемой продукции производится службой качества в соответствии с требованиями:

- настоящей технологической карты по картам контроля;
- технических условий, ГОСТов, СНиПов;
- должностных инструкций, приказов, договоров.

1.2 Выпускаемая продукция

Номенклатура выпускаемой продукции

Трубы безнапорные – трубы, предназначенные для сооружения трубопроводов, по которым транспортируют жидкости самотеком, неполным сечением (до 0,95 внутреннего диаметра трубы).

Трубы следует изготавливать в соответствии с требованиями ГОСТ 6482 – 2011 «Трубы железобетонные безнапорные» по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

1.1 Основные параметры и размеры

Геометрические размеры, форма и размеры стыкового соединения, показатели расхода бетона и стали должны соответствовать указанным в рабочих чертежах. Внешний вид и форма труб приведены на рисунке 2.

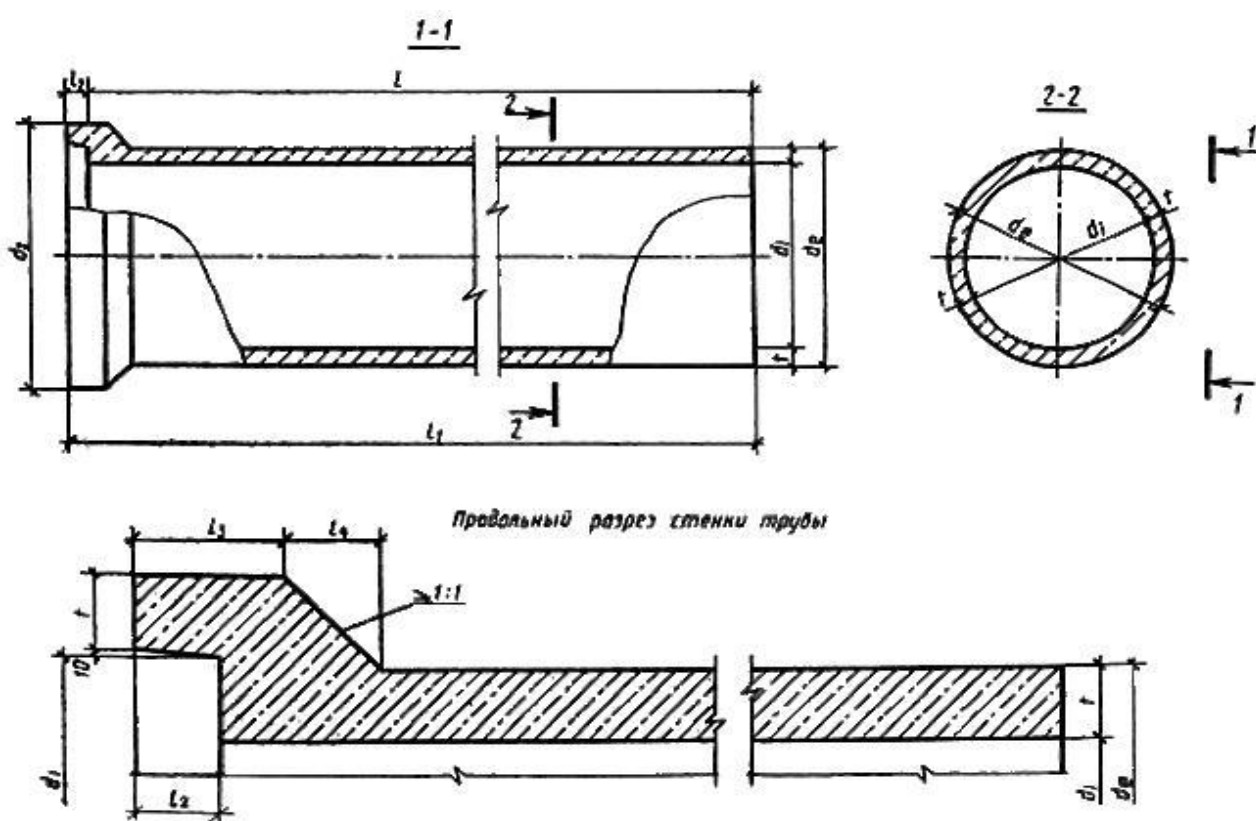


Рисунок 2 – Общий вид безнапорной железобетонной трубы Т 80.50-2

Геометрические параметры труб должны соответствовать указанным в рабочих чертежах. Полезная длина труб должна быть кратной 500 мм и быть не менее 2,5 м – для труб диаметром 600-2400 мм. Рекомендуемые основные размеры труб приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Размеры безнапорной железобетонной трубы Т80.50-2

Типоразмер трубы	Размеры, мм										Справочная масса трубы, т
	Внутренний диаметр d_i	d_e	d_1	d_2	Минимальная толщина стенки t	Полезная длина L	L_1	Глубина раstra, L_2	L_3	L_4	
Т800	800	960	990	1170	80	5000	5110	110	200	105	3

Армирование труб, в зависимости от их несущей способности, а также арматурные изделия труб приведены рисунке 3.

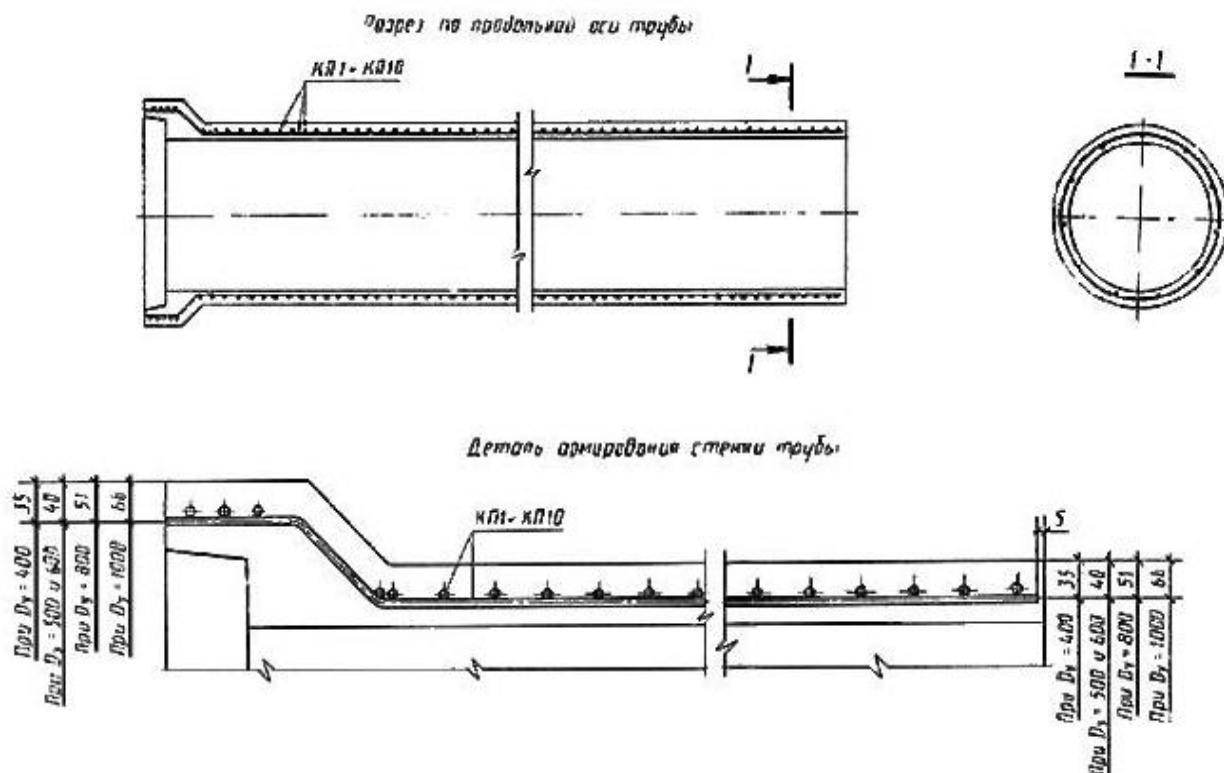


Рисунок 3 – Армирование безнапорной железобетонной трубы Т80.50-2

Общий расход арматурных стержней и проволоки на одно изделие представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Спецификация арматурных изделий и расход стали (кг) на одну трубу

Марка трубы	Каркас		Арматура								Всего
			А-III			А-I		Вр-I			
	Марка	Кол-во	Ø6	Ø8	Σ	Ø6	Σ	Ø4	Ø5	Σ	
T80.50	КП7	1	53,7	-	53,7	14,9	14,9	-	-	-	68,6

Резиновые кольца круглого сечения, применяемые для стыковых соединений, изготавливают в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (НТД) на эти кольца. Размеры колец в нерастянутом состоянии должны соответствовать указанным в таблице 3.

Таблица 3 – Размеры резиновых колец для стыков труб

Dy	Размеры резиновых колец для стыков труб, мм	
	Внутренний диаметр	Диаметр поперечного сечения
800	850	30

Трубы обозначают марками в соответствии с требованиями ГОСТ 23009. Марка труб состоит из буквенно-цифровых групп, разделенных дефисом. Первая группа содержит обозначение типа трубы, ее диаметр условного прохода в сантиметрах и полезную длину в дециметрах. Во второй группе указывают несущую способность, обозначаемую арабской цифрой. Например, Т 80.50-2

Тип трубы Т – цилиндрические раструбные со стыковыми соединениями, уплотняемыми герметиками или другими материалами, диаметром условного прохода 800 мм, полезной длиной 5000 мм, второй группы по несущей способности (при расчетной высоте засыпки грунтом 4 м).

Основные характеристики безнапорных железобетонных труб Т800 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные характеристики труб Т800

Марка изделия	Характеристика бетона				Объем бетона, м ³	Расход арматуры, кг			Масса изделия, кг
	В _{сж}	R _{раст} МПа	W	F		Напрягаемой	Ненапрягаемой	Σ	
Т80.50	В30	1,8	W4	F ₁ 100	1,25	-	68,6	68,6	3000

1.2 Технологические и конструктивно-эксплуатационные требования

Трубы, предназначенные для эксплуатации в условиях действия агрессивной среды, должны удовлетворять дополнительным требованиям, установленным в проектной документации с учетом рекомендаций. Трубы могут применяться на территориях со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки – не ниже минус 40 °С с обеспеченностью 0,92 по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

Не допускается применение труб в районах вечной мерзлоты и на территориях с сейсмичностью более 8 баллов по СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах». На территориях с сейсмичностью 7 и 8 баллов могут применяться только трубы, стыкуемые с использованием резиновых уплотнительных колец.

При укладке труб в просадочных и сильнопросадочных, а также пучинистых грунтах групп III – V необходимо в проектах трубопроводов предусматривать специальные инженерные мероприятия, исключающие воздействие таких грунтов на трубы.

Трубы рекомендуется изготавливать высокопроизводительными способами вибропрессования и радиального прессования. Допускается применение труб, изготовленных методом уплотнения вибрированием и центрифугированием, при технико-экономическом обосновании и согласовании с потребителем.

Прочностные характеристики труб должны обеспечивать их эксплуатацию при расчетной высоте засыпки грунтом в следующих условиях:

– основание под трубой – грунтовое плоское для труб без с подошвой всех диаметров или грунтовое профилированное с углом охвата 90° – для труб без подошвы диаметром условного прохода Ду более 500 мм;

– засыпка грунтом плотностью 1,8 т/м³ с нормальным уплотнением $K_{упл} = 0,85:0,92$ по ГОСТ 22733 для труб с подошвой всех диаметров или повышенным уплотнением $K_{упл} \geq 0,93$ – для труб без подошвы диаметром условного прохода Ду более 800 мм;

– временная нагрузка на поверхности земли от подвижных транспортных средств класса НК-100 (Н14) по СП 35.13330.2011 Мосты и трубы, в т.ч. при совмещении дороги с трамвайными путями.

Трубы должны соответствовать требованиям расчета по предельным состояниям первой и второй групп. При проведении расчетов труб значения нагрузок от грунта рекомендуется определять в соответствии с методикой. В проекте трубопровода с использованием труб, изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 6482-2011 «Трубы железобетонные безнапорные», должны быть указания по использованию фасонных элементов (отводов, конических переходников, фитингов).

Необходимость установки в трубах закладных монтажных изделий для защиты от электрокоррозии определяется проектной документацией трубопровода. Трубы должны быть прочными и трещиностойкими и при испытаниях их нагружением выдерживать контрольные нагрузки, определенные в соответствии с требованиями ГОСТ 8829 и указываемые в рабочих чертежах труб.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Режим работы предприятия

В соответствии с требованиями ОНТП 07 – 95 принимается:

- номинальное количество рабочих суток в году – 260;
- количество рабочих смен в сутки без тепловой обработки – 2;
- количество рабочих смен в сутки для тепловой обработки – 3;
- продолжительность рабочей смены – 8ч.

Фактическое число рабочих суток в году определяется как номинальное количество рабочих суток в году за вычетом длительности плановых остановок на ремонт – таблица 5.

Таблица 5 – Фактическое число рабочих суток в году

Технологические линии и основное оборудование	Длительность плановых остановок, сут	Число рабочих суток в году
1. Поточно-агрегатные, стендовые линии и кассетные установки	7	253
2. Конвейерные линии	13	247
3. Роторно-конвейерные линии	19	241
4. Вибропрокатные станы	25	235
5. Линии по производству труб методом виброгидропрессования	14	246
6. Линии по производству безнапорных и малонапорных труб методом вертикального и горизонтального формования	10	250
7. Линии по производству центрифугированных изделий	12	248
8. Линии, оборудованные автоклавами: диаметром 2...2,6 м;	7	253
диаметром 3,5 м.	11	249

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

- запас в формовочном цехе арматурных сеток и каркасов, в т.ч. пространственных, столярных изделий, утеплителя, отделочных материалов на линиях формования создается на 4-х часовую потребность;
- усредненная масса арматурных изделий, размещаемых горизонтально на 1 м² площади при хранении в формовочном цехе (с учетом проходов) из стали диаметром: до 12 мм – 0,01т, от 14 до 22 мм – 0,05т, от 25 до 40 мм – 0,15т;
- объём в бетоне железобетонных изделий, приходящихся на 1 м² площади в период остывания, выдержки, контроля и доводки в формовочном цехе при хранении составляет: в горизонтальном положении ребристые плиты – 0,35 м³, пустотные плиты – 1,0 м³, линейные элементы сложной формы – 0,6 м³; в вертикальном положении панели в кассетах (с учетом площади, занимаемой стеллажами) при ширине панелей до 3 м – 1,2 м³, более 3 м – 1,5 м³;
- высота штабеля для хранения резервных форм в цехе не более 2,5 м;
- количество резервных форм на ремонт: индивидуальных 5%, переналаживаемых и групповых 7%;
- площадь для складирования форм и оснастки: на каждые 100 т форм, находящихся в эксплуатации (кроме предприятий крупнопанельного домостроения) – 20 м², для предприятий КПД – 30 м²;
- площадь для текущего ремонта форм на 100 т форм, находящихся в эксплуатации – 30 м², площадь для переоснастки форм предприятий КПД – 100 м²;
- отходы и потери бетонной смеси при ее транспортировании и формовании изделий – 1,5%, в том числе утилизируемые – 1,0%, безвозвратные – 0,5%;
- расход смазки на 1 м² развернутой поверхности форм и кассет – 0,2 кг;
- количество изделий, подвергаемых устранению дефектов от общего количества выпуска – 5%;
- объём некондиционных железобетонных и бетонных изделий, подвергаемых утилизации – 0,7%;

– максимальное количество промежуточных перегрузок бетонной смеси при подаче к постам формирования от смесителя до укладки в форму (без учета выгрузки из бетоносмесителя и загрузки в форму) для холодной бетонной смеси на плотных заполнителях – 3, для холодной бетонной смеси на пористых заполнителях – 2, для разогретой независимо от вида смеси – 2;

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

2.2 Характеристика исходного сырья и материалов

Качество бетона в большей степени зависит от используемых материалов. Правильный выбор материалов для бетона, учитывающий как требования к бетону, так и свойства самих материалов, имеет важное значение в технологии бетона. При этом должна достигаться максимальная экономия цемента и трудовых затрат на производство бетона.

Портландцемент:

Наиболее широкое применение в производстве бетона получил портландцемент (ПЦ). ПЦ – гидравлическое вяжущее вещество, твердеющее в воде (лучше всего) или на воздухе. При помоле к цементному клинкеру можно добавлять 10 – 20% гранулированных доменных шлаков или активных минеральных добавок. Наиболее распространенными цементами являются ПЦ с добавками (составляют около 60% всех выпускаемых цементов). Они могут применяться для большинства монолитных и сборных ж/б конструкций, если к последним не предъявляются особые требования.

Основное влияние на качество цемента оказывает содержание трехкальциевого силиката (C3 S), т.е. алита, который обладает свойствами быстротвердеющего гидравлического вещества высокой прочности. Двухкальциевый силикат (C2 S), белит, – медленно твердеющее гидравлическое вяжущее средней прочности. Трехкальциевый алюминат (C3 A) твердеет быстро, но имеет низкую прочность. Изменяя минералогический состав цемента, можно варьировать его качество.

- ГОСТ 311108-2003, ГОСТ 10178-85, ГОСТ 30515-2013;
- марка – ЦЕМ I 42.5Б;
- содержание оксида магния в клинкере MgO 1,4 %;
- содержание ангидрита серной кислоты в цементе SO₃ – 2,47 %;
- группа эффективности при пропаривании – 1;
- нормальная плотность цементного теста 25,87 %
- начало схватывания 2 часа 30 мин;
- конец схватывания 3 часа 34 мин;

– эффективная концентрация естественных радионуклидов менее 370 Бк/кг.

Песок:

Песок представляет собой рыхлую смесь мелких зерен, образовавшуюся в результате выветривания изверженных (реже осадочных) горных пород. Иногда песок получают дроблением горных пород, но такой песок гораздо дороже естественного и применяется только для специальных целей.

– ООО «СтройПрииск», месторождение «Баландино», Челябинская область;

– ГОСТ 8736-2014 [17];

– класс I;

– модуль крупности (Мк) – 2,0...2,5 (средний);

– полный остаток на сите № 063 – 30...45 %;

– содержание зерен крупностью свыше 10мм – не более 0,5 %;

– содержание зерен крупностью свыше 5мм – не более 5 %;

– содержание зерен крупностью менее 0,16мм – не более 5 %;

– содержание пылевидных и глинистых частиц – не более 5 %;

– удельная эффективная активность естественных радионуклидов ($A_{эфф}$) – не более 370 Бк/кг.

Щебень:

Щебень из горных пород – неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью св. 5 мм, получаемый дроблением годных пород, гравия и валунов, попутно добываемых вскрышных и вмещающих пород или некондиционных отходов горных. Щебень из гравия должен содержать дробленные зерна в количестве не менее 80 % по массе. Допускается по согласованию изготовителя с потребителем выпуск щебня из гравия с содержанием дробленных зерен не менее 60 %. Гравий и щебень должны быть морозостойкими и обеспечивать требуемую марку легкого бетона по морозостойкости.

Показатели морозостойкости щебня и гравия при испытании замораживанием и оттаиванием или насыщением в растворе сернокислого натрия и высушиванием должны соответствовать указанным ГОСТ 3344-83.

- ЗАО «Челябинский гранитный карьер»;
- ГОСТ 8267-93.(2003) [14];
- фракция – 3...10 мм;
- содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы – не более 5 %;
- марка щебня по дробимости – не менее 1000;
- содержание зерен слабых пород – не более 5 %;
- марка щебня по морозостойкости – не менее F200.

Добавка:

Для регулирования свойств бетона, бетонной смеси и экономии цемента применяют различные добавки в бетон. Их подразделяют на две группы. К первой относят химические вещества, добавляемые в бетон в небольшом количестве (0,1 – 2% массы цемента) для изменения в нужном направлении свойств бетонной смеси и бетона. Ко второй относят тонкомолотые материалы, добавляемые в бетон в количестве 5 – 20% и более для экономии цемента или для получения плотного бетона при малых расходах цемента. К тонкомолотым добавкам относят золы, шлаки, пески, отходы камнедробления и некоторые другие материалы, придающие бетону специальные свойства (повышающие его плотность, изменяющие электропроводимость, окрашивающие и т.д.). В последнее время наибольшее применение находят химические добавки.

В качестве ускорителей твердения применяют хлорид кальция, сульфат натрия, нитрит-нитрат-хлорид кальция и другие.

В качестве противоморозных добавок применяют поташ, хлорид натрия, хлорид кальция и пр. Эти добавки понижают точку замерзания воды и способствуют твердению бетона при отрицательных температурах: чем ниже температура твердения, тем выше обычно дозировка добавки (до 10% массы цемента, а иногда и больше).

Большинство добавок растворимы в воде и вводятся в бетономешалку в виде предварительно приготовленного раствора. Некоторые добавки вводят в виде эмульсии или в виде взвесей в воде. На практике оптимальную дозировку добавки определяют опытным путем.

- тип и марка – Тенсем 2;
- Тенсем 2 придает смеси повышенную связанность – важнейший фактор для продуктивного функционирования машины;
- снижает риск отслаивания, вызванной чрезмерной вибрацией;
- повышает удобство работы с материалом;
- придает массе пластичность вплоть до начала ее застывания;
- снижает содержание воды в смеси, тем самым улучшая механические характеристики;
- плотность при 20°C – $1,01 \text{ г/см}^3 \pm 0,02$;
- растворимость и смешиваемость с водой – полностью смешивается;
- содержание хлоридов – отсутствует.

Смазка для стенов, бункеров формирующей машины:

- «Экол – ЭКСЗ» [35];
- плотность при 20°C, не менее – $0,84 \text{ кг/м}^3$;
- вязкость кинематическая при 40°C – $6 - 14 \text{ мм}^2/\text{с}$;
- расход – $0,04 \text{ л/м}^2$.

Арматура из углеродистой стали:

- ГОСТ 5781-82 [12];
- вид периодического профиля – А-400;
- марка стали – 25Г2С;
- номинальный диаметр – 10,0 мм;
- предельные отклонения – $+5,0 \%$;
- предел текучести – 390 Н/мм^2 ;
- площадь поперечного сечения – $0,785 \text{ см}^2$;
- номинальное временное сопротивление – 590 Н/мм^2 ;

- вид периодического профиля – А-240;
- марка стали – СтЗсп;
- номинальный диаметр – 6,0 мм;
- предельные отклонения – +9,0 %;
- предел текучести – 235 Н/мм²;
- площадь поперечного сечения – 0,283 см²;
- номинальное временное сопротивление – 373 Н/мм².

Вода:

Для приготовления бетонной смеси используют водопроводную питьевую воду, а также любую воду, имеющую водородный показатель рН не менее 4 (т.е. не кислую, не окрашивающую лакмусовую бумагу в красный цвет). Вода не должна содержать сульфатов более 2700 мг/л (в пересчете на SO₄) и всех солей более 5000 мг/л. В сомнительных случаях пригодность воды для приготовления бетонной смеси необходимо проверять путем сравнительных испытаний образцов, приготовленных на данной воде и на обычной водопроводной.

Для приготовления бетонной смеси можно применять морскую и другие соленые воды, удовлетворяющие приведенным выше условиям. Исключением является лишь бетонирование внутренних конструкций жилых и общественных зданий и надводных ж/б сооружений в жарком и сухом климате, т.к. морские соли могут выступить на поверхности бетона и вызвать коррозию стальной арматуры.

Для поливки бетона следует использовать воду такого же качества, как и для приготовления бетонной смеси.

- ГОСТ 23732-2011
- содержание органических ПАВ, сахаров или фенолов, каждого, не более – 10 мг/л;
- содержание растворимых солей, не более – 2000 мг/л;
- содержание ионов SO₄⁻², не более – 600 мг/л;
- содержание ионов Cl⁻ более – 350 мг/л.

Для исследования свойств бетона с добавкой изготавливались бетонные кубики с ребром 10 см.

2.3 Армирование и бетонирование изделия

Проволока диаметром до 10 мм и сталь периодического профиля диаметром до 9 мм поступают в арматурную мастерскую в бухтах, а сталь больших диаметров – прутьями длиной от 4 до 12 м, объединенными в пакеты до 10 т. Готовые сетки для заготовки каркасов поступают плоскими или в рулонах. Складируют сталь на стеллажах отдельно по маркам, диаметрам и длине стержней. Хранение производят в закрытом помещении или под навесом, запрещено класть арматуру на земляной пол.

Процесс изготовления ненапрягаемой арматуры состоит из отдельных технологических операций, которые объединены в следующие технологические группы:

Заготовительные операции включают: очистку и выпрямление стержней; соединение стержней в непрерывную плетть посредством стыковой сварки; разметку и резку на стержни требуемой длины. Сварочные операции, выполняемые контактной точечной сваркой для плоских сеток и каркасов на одно – и многоэлектродных машинах, а также стыковой и дуговой сваркой.

Сборочные операции, включающие установку и приварку закладных деталей, отдельных криволинейных и изогнутых стержней, резку листовой и профильной стали, укрупнительную сборку пространственных каркасов из плоских каркасов и сеток.

Заготовительные операции ведут двумя потоками – для катанки и стержневой арматуры. Сталь, поступающую в бухтах (катанка) с бухтодержателей направляют на станки-автоматы, одновременно производящие очистку поверхности стержня от ржавчины, правку искривлений проволоки и ее резку. Концы заканчивающейся и новой бухты соединяют в непрерывную плетть машиной для стыковой сварки. По ходу движения катанки установлены станки для точной резки и гнутья.

Стержни, поступающие на технологическую цепочку, правят, очищают от ржавчины, сваривают стыковой сваркой в непрерывную плетть во избежание

отходов, затем их режут на обрезки с заданными размерами и, при необходимости, передают на станок для гнутья.

Готовая форма на посту армирования расстроповывается бетонщиком 4 разряда в течение 30 секунд. Далее производится установка, заранее изготовленного на установке МВК 450 ГМВН, арматурного каркаса в течение 6 минут при помощи бетонщика 4 разряда и мостового крана №1. Затем арматурный каркас фиксируется бетонщиком 4 разряда в течение 2 минут.

Технология бетонирования труб заключается в следующем. Заполнители, песок и молотую руду из бункеров-хранилищ после дозировки ленточным конвейером подают в лопастной смеситель, к которому из двух силосов с помощью шнеков поступают цемент и вода. В смесителе готовится бетон, который равномерно выгружается и подается на валки. Резиновые валки, частота вращения которых составляет 1800 об / мин, производят набрызг бетона на вращающуюся трубу, перемещающуюся перед валками на тележках по рельсам. За один проход наносится слой бетона толщиной до 70 мм. Обетонированный слой обматывается оцинкованной стальной сеткой с нахлестом, на которую наносится защитный слой бетона требуемой толщины. Общая толщина бетонного покрытия может изменяться от 25 до 125 мм.

2.4 Контроль качества продукции

Контроль качества и прием готовых изделий осуществляется ОТК завода ЖБК – 5 в соответствии с заводскими стандартами.

Отпуск готовых изделий потребителям выполняется после достижения проектной прочности: 75 % марочной прочности.

В готовых изделиях выполняют внешний обзор каждого из них, проверяют их размеры и форму; контролируют прочность бетона в готовых изделиях: определяют прочность, жесткость и трещиностойкость изделий.

Фактические размеры изделий определяют измерительными инструментами: шаблонами, стальной линейкой.

Тепловую обработку материалов и изделий проводят по заданному технологическому режиму, нарушение которого приводит к браку изделий. Для предупреждения отклонений от установленных режимов требуется постоянный контроль за работой печи при помощи различных контрольно-измерительных и регулирующих приборов и устройств.

Процесс контроля и оперативного управления осуществляется оператором-технологом, который получает информацию о ходе технологического процесса с устройств быстрой печати, дисплея, мнемосхем и т. д. и выдает операторам местных постов управления рекомендации по управлению.

С помощью дисплея осуществляется вывод различного вида, сообщений на экран и формируются различные запросы оператором-технологом с помощью клавиатуры, дисплея. Мнемосхема служит в основном для отражения работы основного оборудования. Пульт управления оборудованием предназначен для аварийных отключений оборудования оператором-технологом.

Основными задачами системы контроля являются:

- определение качества поступающих на завод материалов;
- установление состава и свойств потоков материалов в процессе производства;
- слежение за параметрами технологического процесса по всем производственным переделам;

- контроль качества и сертификация (паспортизация) продукции;
- анализ и обобщение результатов контроля по всем переделам с целью совершенствования технологического процесса.

Трубы должны удовлетворять установленным при проектировании требованиям по прочности, жесткости и трещиностойкости и при испытании их нагружением выдерживать контрольные нагрузки, указанные в рабочих чертежах или стандартах на эти трубы.

Требования к точности изготовления изделий устанавливаются в виде предыдущих отклонений от номинальных размеров, которые, как правило, назначают симметричными: сумма их абсолютных значений равняется допуску размера. Допуском размера называется разница между наибольшими и наименьшими проектными размерами изделия.

Прочность бетона на сжатие следует определять по ГОСТ 10180-78 на серии образцов, изготовленных из смеси рабочего состава.

При испытании труб неразрушающими методами фактическую прочность бетона на сжатие следует ультразвуковым методом по ГОСТ 17624-78 или приборами механического действия по ГОСТ 22690.0-77, ГОСТ 22690.1-77, ГОСТ 22690.45-77.

Контроль и оценку проектной марки бетона по прочности на сжатие, а также передаточной и отпускной прочности бетона следует производить по ГОСТ 18105-86 с учетом однородности прочности бетона.

Марка бетона по морозостойкости должна контролироваться в соответствии с ГОСТ 10060-76.

Водонепроницаемость бетона следует определять по ГОСТ 12730.0-78 и ГОСТ 12730.5-84.

Водопоглощение бетона следует определять в соответствии с требованиями ГОСТ 12730.0-78 и ГОСТ 12730.3-78.

Размеры труб, толщину защитного слоя бетона до арматуры, положение стальных закладных деталей, фактическую массу труб, а также качество поверхностей и внешний вид труба проверяют по ГОСТ 13015-75.

Технический контроль – это проверка соответствия объекта (материала, изделия или процесса) установленным требованием, что относится к системе государственных испытаний, а значит, подчиняется правилам стандартизации и сертификации.

Стандартизация – деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного использования реально существующих или потенциальных задач. Результатом этой деятельности является разработка нормативных документов. В зависимости от специфики объекта стандартизации и содержание установленных к нему требований различают стандарты основополагающие, на продукцию или услуги, а также стандарты на процессы, на методы контроля (испытаний, измерений, анализа). Сертификация – подтверждение соответствия товара обязательным нормативным требованиям, которое сопровождается выдачей сертификата соответствия.

Таблица 6 – Организация контроля

Контроль	Контролируемые параметры	Исполнитель
Входной	контроль продукции, поступившей предприятие и предназначенной для использования при производстве изделий	Служба качества и работники цеха
Операционный	контроль технологических процессов, осуществляемый во время выполнения определенных операций или после их завершения	
Приемочный	контроль готовой продукции, на установление соответствия качественных показателей готовых изделий требованиям нтд.	

2.5 Маркировка, хранение и транспортирование безнапорных труб

Маркировка труб – по ГОСТ 13015. Маркировки наносят водостойкой черной краской (по трафарету) на наружную поверхность раструба или у одного из торцов фальцевой трубы.

В случаях, предусмотренных рабочими чертежами, например, при дополнительном армировании труб сетками, на наружную поверхность втулочной части труб без подошвы следует наносить установочные риски по ГОСТ 13015, указывающие положение центров шельги и лотка трубы. Длина рисок должна быть от 100 до 150 мм.

Трубы должны иметь отметку центров шельги и лотка, если это предусмотрено рабочими чертежами.

На заводе ООО «НЗСМ» трубы почти не хранятся, но на территории предприятия имеется только открытый склад для временного хранения изделий, они сразу изготавливают трубы под заказ и отправляют их через пару дней заказчику, поскольку продукция узкоспециализированная.

Трубы транспортируют и хранят в соответствии с требованиями ГОСТ 13015 и настоящего стандарта.

Транспортирование и хранение труб осуществляют в рабочем положении, укладывая на инвентарные прокладки или опоры другого типа из дерева или других материалов, обеспечивающих сохранность труб.

Перекатка труб допускается только по подкладкам с условием, чтобы трубы не опирались раструбами и втулочными концами на подкладки или на пол.

Трубы полезной длиной 2,5-3,5 м и менее допускается транспортировать и хранить в вертикальном положении (при обеспечении их устойчивости).

Трубы следует хранить на складе готовой продукции в штабелях или контейнерах, рассортированными по маркам. Число рядов труб в штабеле по высоте в зависимости от диаметра условного прохода должно быть не более указанного в таблице 7. Трубы в рядах укладывают так, чтобы раструбы двух смежных рядов были обращены в разные стороны.

Таблица 7 – Число рядов труб в штабеле в зависимости от их диаметра

Диаметр условного прохода трубы, мм	Число рядов труб в штабеле, шт.
300, 400	5
500, 600	4
800-1200	3
1400-2400	2
3000	1

Под нижний ряд штабеля по плотному выровненному основанию должны быть уложены параллельно две подкладки –каждая на расстоянии 0,2 длины трубы от ее торцов. Конструкция подкладок должна препятствовать раскатыванию нижнего ряда труб и соприкосновению раструбов труб с полом склада.

Погрузку, транспортирование и разгрузку труб следует проводить, соблюдая меры, исключая возможность их повреждения.

Автомобили или железнодорожный подвижной состав, предназначенные для перевозки труб в горизонтальном положении, должны быть оборудованы седлообразными подкладками, исключая возможность смещения и соприкосновения труб между собой или опирания раструба на дно транспортного средства.

2.6 Теоретическое предложение по совершенствованию технологии производства безнапорных труб

На заводе используется термоформа – SU 582967 для изготовления железобетонных труб методом вибропрессования с добавлением добавки ускорителя твердения. Такой метод позволяет исключить термообработку. За счёт вибропрессования возникает возможность экономии, так как данный метод позволяет отказаться от тепловой обработки изделий. Метод вибропрессования считается самым экономически выгодным методом производства.

Предприятие перешло на вибропрессования, но использовала при этом низкотемпературную пропарку, если ее устранить совсем и применять ускорители твердения. В качестве пластификатора предприятие применяет СП-1 на основе нафталинформальдегидных смол. Мы добавим добавку-ускоритель твердения – микрокремнезем совместно с метаксаолином (7,5% микрокремнезем и 3% метаксаолин, т.е. в соотношении 2,5:1).

Микрокремнезем подкисляет среду, позволяя влиять на фазообразование в сторону формирования низкоосновных ГСК (гидросиликатов кальция), которые обладают повышенной прочностью. А метаксаолин ускоритель твердения (до 3 % мы вводим, чтобы не было сульфатной коррозии у труб) и этой дозировки достаточно, чтобы повысить скорость твердения бетона (на первые сутки набирает от 70% – отпускная прочность бетона). Т.е. уже на первые сутки можно проводить распалубку.

Это нововведение ускорит производство железобетонных труб и увеличится объем выпуска продукции. Но так же увеличат затраты на материал.

3 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

3.1 Используемое на предприятии оборудование для производства безнапорных труб

Безнапорные железобетонные трубы изготавливают по поточно-агрегатной технологии методом вертикального виброформования с немедленной распалубкой изделия из жесткой мелкозернистой бетонной смеси класса по прочности на сжатие В 30.

Все технологические операции по формованию железобетонных безнапорных труб выполняют на оборудовании фирмы SOCHLOSSER-PEEIFFER Германия.

На линии по производству железобетонных труб устанавливается следующее оборудование:

1. Формовочное оборудование «VARIANT 1500 D»



Рисунок 5 – Формовочное оборудование «VARIANT 1500 D»

Состоит из двух рабочих шахт, установленных ниже уровня пола, оборудованных двумя регулируемыми центральными вибраторами (вибросердечники), соединенными специальными зажимами с керном машины, что дает возможность

быстрой замены формы при переходе на новое изделие. Наружная форма и металлический поддон размещены отдельно от остальных узлов машины.



Риснок 6 – Форма и металлический поддон

Поддон представляет собой жесткую плиту с кольцевой обечайкой, имитирующей раструбную часть трубы. Поддон служит основанием для всех последующих технологических операций изготовления труб. Для предохранения утечки цементного молока при формовании труб между наружной формой и поддоном устанавливается резиновое кольцо в канавке формы. Наружная форма имеет одну, две пары диаметрально расположенных проушин для зацепления крестообразной траверсы. Траверса вместе с наружной формой и поддоном обеспечивает транспортировку трубы по технологической цепочке в вертикальном положении. Траверса состоит из крестообразной рамы и четырех стальных тяг, выполненных в виде кованых якорных цепей. Сглаживание торцевой поверхности втулочной части трубы осуществляется через возвратно – вращательное движение профильного кольца, механизм вращения которого подается при помощи гидропривода.

Технические данные:

– мин. Ø изделия: 600 мм;

- макс. Ø изделия: 4000 мм;
- макс, длина изделия: 3000 мм;
- мощность сети электропитания: 70 кВт;
- грузоподъёмность мостового крана: 24 – 32 т.

2. Для чистки и смазки форм используют обычные скребки и пневматический шабер AIRPRO SA7500K

Техническая характеристика:

- Рабочее давление, бар: 6,3
- Диаметр поршня, мм: 25;
- Потребление воздуха, м3/мин: 0,25;
- Частота ударов уд/мин: 2 400;
- Габаритные размеры, мм: 620 – 1220 – 1520
- Масса.....11,5 кг.



Риснок 7 –Пневматический шабер

Является ударным инструментом с помощью которого производится очистка поверхностей от различных загрязнений и материалов:

Пневмошабер (пневмоскребок) позволяет очищать поверхности от различных строительных остатков, клея, металлического шлака после сварки, асбеста, резиновых покрытий, битумных изделий, цементной стяжки, клея для керамической плитки и керамогранита.

3. Для равномерного, экономичного нанесения смазки на опалубку используется распылитель от немецкой компании MESTO марки FERROX PLUS.



Рисунок 8 – распылитель для смазки форм

Технические характеристики:

- Максимальный объем, л: 10;
- Максимальное рабочее давление, бар: 6;
- Рабочий температурный диапазон, °C: 0...+50;
- Рабочее давление, бар: 3;
- Максимальная производительность, л/мин: 2,33.

4. Правильно – отрезной станок марки СПР – 12. Для заготовки продольных стержней арматурного каркаса.



Рисунок 9 – Правильно – отрезной станок

Технические характеристики:

Диаметр обрабатываемых стержней, мм

- гладкого профиля: 4...12;
- периодического профиля: 6...10;
- Скорость подачи, м/мин: 31,5;
- Длина отрезаемых стержней, м: 0,5...6;
- Допускаемое отклонение длины отрезаемых стержней, мм: -4 - 12;
- Частота вращения барабана, с-1: 20;
- Установленная мощность, кВт: 16,5;

Габаритные размеры, мм:

- длина: 12000;
- ширина: 1500;
- высота: 1220;

Масса, кг: 1165.

5. Станок для сварки замкнутых каркасов тип MBK 450
MASCHINENBAU GMBH.



Рисунок 10 –Станок для сварки замкнутых каркасов

Машина предназначена для производства стальных армированных каркасов методом навивки спирального армирования на продольные стержни и точечной сварки точек пересечения продольного и поперечного армирования с целью образования цельного стального каркаса. На машине предусмотрена регулировка диаметра и длины каркаса, а также шага навивки и цикла.

Технические характеристики::

- Диаметр каркаса(мм): 660 — 4 500;
- Количество продольных стержней: 36/48;
- Исполнение: **Р** – круглый (с раструбом), двойные каркасы друг за другом **О** – овальный (круглый (с раструбом), овальный, яйцевидной формы, в форме зева, специальные формы);
- Длина каркаса: 2 000 — 7 000 мм (другая длина по запросу);
- Продольный стержень Ø: 4 — 10 мм (опционально 4 — 14 мм);
- Обмоточная проволока Ø: 4 — 12 мм (опционально 4 — 16 мм);
- Шаг навивки обмоточной проволоки: 20 — 200 мм;
- Мощность сварки: в зависимости от исполнения до 125 кВт.

6. Автопогрузчик с круглыми захватками марки Linder P140. Для перемещения и перекантовки готовых труб.



Рисунок 11(а,б) – (а) автопогрузчик вид с боку(б)Автопогрузчик вид сзади,

Технические характеристики:

- Макс. Грузоподъёмность: 16000 кг;
- Макс. высота подъёма: 6100 мм;
- Свободный подъём: 150 мм;
- Тип мачты: стандартная;
- Тип шин: суперэластик;
- Длина вил: 2400 мм;
- Строительная высота: 5075 мм;
- Кабина: закрытая кабина;
- Оборудование: Отопитель, Защита от дождя.

Сводная ведомость основного оборудования, используемого на новой формовочной площадке, приведена в таблице 8 .

Таблица 8 – Сводная ведомость основного оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Марка, тип	Кол-во, шт	Габаритные размеры, мм	Мощность ед., кВт	Мощность общая, кВт
1	Формовочное оборудование	VARIANT 1500 D	1	7700x1300x800	70	70
2	бетоноукладчик	СМЖ-96Д	1	2670*1340*3750	5,46	5,46
3	пневматический шабер	AIRPRO SA7500K	1	620*1220*1520	–	–
4	Распылитель для нанесения смазки на опалубку	FERROX PLUS	1	–	–	–
5	Правильно – отрезной станок	СПР – 12	1	12000*1500*1220	16,5	16,5
6	Станок для сварки замкнутых каркасов	MBK 450 MASCHINEN BAU GMBH	1	4500*7000*200	125	125
7	Автопогрузчик с круглыми захватками	Linder P140	1	–	–	–
Итого:			7			216,96

3.2 Расчет бетоноукладчика СМЖ-96Д

Широкое распространение получили бетоноукладчики с ленточными и винтовыми питателями. Виброгидропрессованные трубы изготавливают с помощью бетоноукладчиков СМЖ-96Е и СМЖ-96Д, которые используются при изготовлении труб диаметров 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400 и 1600 мм.

Опорная рама, выполненная в виде сварной конструкции совместно с бункером, смонтирована на двух скатах с колесами, один из которых приводной, другой холостой. На нижней площадке рамы установлены приводы питателя и передвижения. Передача вращения от приводов к исполнительным механизмам осуществляется цепными передачами.

Для равномерной выдачи бетонной смеси из бункера предусмотрен челюстной затвор с приводом от пневмоцилиндра, управляемый с пульта. Для побуждения бетонной смеси на бункере установлен вибратор ИВ-99.

Бетонная смесь укладывается в форму ленточным питателем с задним приводным барабаном. Ленточный питатель смонтирован на стреле, установленной на опорной раме. Натяжение ленты осуществляется передвижением заднего приводного барабана. По бокам лента ограничена бортами. У переднего барабана установлен скребок для очистки ленты от налипшего бетона.

Питатель бетоноукладчика может передвигаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях, что улучшает условия выдачи бетонной смеси в форму и позволяет обслуживать одним бетоноукладчиком два формовочных поста.



Рисунок 12 – бетоноукладчик

Таблица 9 –Технические характеристики бетоноукладчика СМЖ-96Д

Производительность, м ³ /ч	4,4
Вместимость бункера с надставкой, м ³	1,7
Скорость передвижения, м/с	
Бетоноукладчика	0,24
Самоходная тележка	0,24
Скорость питателя, м/с	0,103
Вылет питателя, м	1,75
Колея, мм	
Бетоноукладчика	1115
Самоходная тележка	1480
Установленная мощность, кВт	5,46
Габаритные размеры, мм	
Высота	2670
Ширина	1340
Длина	3750
Масса, кг	2000

Определение производительности бетоноукладчика при заполнении формы смесью

$$P_V = 60 \frac{V_{\text{изд}} z_{\text{изд}} k_{\text{изд}} k_p}{t_{\text{ц}}}, M^3/\text{ч} \quad (1)$$

где $V_{\text{изд}}$ – объем изделия, м³ ; $z_{\text{изд}}$ – количество одновременно формуемых изделий, шт, $z_{\text{изд}}=1 - 2$; k_p – коэффициент разрыхления смеси, $k_p = 1,12 \dots 1,2$; k_B – коэффициент использования машины по времени, $k_B=0,85 \dots 0,95$; $t_{\text{ц}}$ – продолжительности цикла укладки смеси в формы, мин

$$P_V = 60 \frac{1,42 \cdot 2 \cdot 1,16 \cdot 0,9}{40,7} = 4,4 M^3/\text{ч}$$

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{н}} + t_{\text{п}} + t_{\text{у}} + t_{\text{в}}, \text{ мин} \quad (2)$$

$$t_{ц} = 19,3 + 0,625 + 1,5 + 19,3 = 40,7 \text{ мин}$$

$t_{Н}$ – продолжительность наполнения бункера укладчика смесью, мин

$$t_{Н} = \frac{V_{Б} k_{у} k_{П}}{\Pi_{ЛП}}, \text{ мин} \quad (3)$$

$$t_{Н} = \frac{1,7 \cdot 1,16 \cdot 1,01}{0,103} = 19,3 \text{ мин}$$

$V_{Б}$ – вместимость бункера укладчика, м^3

$$V_{Б} = \frac{V_{изд}}{0,8}, \text{ м}^3 \quad (4)$$

$$V_{Б} = \frac{1,42}{0,8} = 1,7, \text{ м}^3$$

$k_{у}$ – коэффициент уплотнения смеси, $k_{у}=1,12 \dots 1,2$;

$k_{П}$ – коэффициент, учитывающий потери смеси при загрузке в бункер,

$$k_{П} = 1,01;$$

$\Pi_{ЛП}$ – производительность ленточного питателя, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$t_{П}$ – продолжительность передвижения укладчика со смесью к форме, мин

$$t_{П} = \frac{l}{60 v_{укл}}, \text{ мин} \quad (5)$$

$$t_{П} = \frac{9}{60 \cdot 0,24} = 0,625, \text{ мин}$$

l – расстояние от загрузочного конвейера до поста формования (укладки) смеси, м; $v_{укл}$ – скорость передвижения укладчика, м/с; $t_{у}$ – продолжительность укладки смеси в форму, мин

$$t_{у} = \frac{(l_{ф} + l_{укл}) \cdot n_{пр}}{60 v_{укл}}, \text{ мин} \quad (6)$$

$$t_{у} = \frac{(5,125 + 2,3) \cdot 3}{60 \cdot 0,24} = 1,5, \text{ мин}$$

$l_{ф}$ – максимальная длина формы, м; $l_{укл}$ – база бетоноукладчика, м; $n_{пр}$ – количество проходов бетоноукладчика при укладке бетонной смеси, $n_{пр}=2 \dots 3$;

$t_{В}$ – продолжительность перемещения укладчика в исходное положение под загрузку, мин

$$t_{В} = t_{Н}, \text{ мин}$$

Определение мощности, необходимой для передвижения бетоноукладчика

$$N_B = \frac{W \cdot v_{\text{укл}}}{1000\eta} = \frac{(P_K + P_B) \cdot \beta \cdot v_{\text{укл}} \cdot \left(\frac{2\mu}{D} + \frac{f \cdot d}{D}\right)}{1000\eta}, \text{ кВт} \quad (7)$$

где W – сила сопротивления передвижения бетоноукладчика, Н;

η – КПД привода, $\eta=0,8\dots0,9$;

P_K – сила давления от массы конструкции бетоноукладчика, Н; P_B – сила давления от бетонной смеси в бункерах, Н; μ – коэффициент качения ходовых колес, м, $\mu=0,0008\dots0,001$ м; f – коэффициент трения в цапфах колес, $f = 0,08$; d – диаметр цапф колес, м, $d=0,06$ м; D – диаметр колес бетоноукладчика, м, $D = 0,3$ м; β – коэффициент, учитывающий трение реборд колес о рельсовый путь, $\beta=2,5\dots 3$.

$$N_B = \frac{(19620 + 32030) \cdot 2,7 \cdot 0,24 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,0005}{0,3} + \frac{0,08 \cdot 0,06}{0,3}\right)}{1000 \cdot 0,8} = 0,8, \text{ кВт}$$

Определение мощности привода ленточного питателя бетоноукладчика

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta_1} \cdot m, \text{ кВт} \quad (8)$$

$$N = \frac{0,08 + 0,64 + 11,9}{0,85} \cdot 1,2 = 17,8, \text{ кВт}$$

где m – коэффициент запаса мощности, $m=1,1\dots1,3$; η_1 – КПД передачи привода, $\eta_1=0,8\dots0,85$; N_1 – мощность, расходуемая на преодоление трения бетонной смеси о борта, кВт

$$N_1 = \frac{W_1 v_{\text{лп}}}{1000}, \text{ кВт} \quad (9)$$

$$N_1 = \frac{752,8 \cdot 0,103}{1000} = 0,08 \text{ кВт}$$

W_1 – сила трения бетона о борта питателя, Н;

$$W_1 = 20k_1 \cdot P_1, \text{ Н} \quad (10)$$

$$W_1 = 20 \cdot 0,8 \cdot 47,05 = 752,8, \text{ Н}$$

k_1 – коэффициент трения бетона по стали,

$k_1=0,8$; P_1 – сила бокового давления бетона на борта, Н;

$$P_1 = F_1 \cdot q_1, \text{ Н} \quad (11)$$

$$P_1 = 0,31 \cdot 151,8 = 47,05, \text{ Н}$$

F_1 – площадь 1 борта, м²

$$F_1 = h \cdot l_B, \text{ м}^2 \quad (12)$$

$$F_1 = 0,11 \cdot 2,86 = 0,31, \text{ м}^2$$

l_B – длина бортов, м; h – высота бортов, м;

q_1 – давление бетонной смеси на борта, Па;

$$q_1 = h \cdot \rho \cdot \Theta, \text{ Па} \quad (13)$$

$$q_1 = 0,11 \cdot 2300 \cdot 0,6 = 151,8, \text{ Па}$$

ρ – плотность бетонной смеси, кг/м³ ; Θ – коэффициент подвижности бетонной смеси, $\Theta=0,6 \dots 0,7$; $v_{\text{ЛП}}$ – скорость движения ленточного питателя, м/с;

N_2 – мощность для преодоления трения ленты питателя о поддерживающий металлический лист, кВт

$$N_2 = \frac{W_2 \cdot v_{\text{ЛП}}}{1000}, \text{ кВт} \quad (14)$$

$$N_2 = \frac{6127,2 \cdot 0,103}{1000} = 0,64, \text{ кВт}$$

W_2 – сила трения ленты о поддерживающий лист, Н;

$$W_2 = 10k_2 \cdot P_2, \text{ Н} \quad (15)$$

$$W_2 = 10 \cdot 0,6 \cdot 1021,2 = 6127,2, \text{ Н}$$

k_2 – коэффициент трения резиновой ленты о сталь, $k_2=0,6$;

P_2 – сила активного давления бетона на ленту, Н.

$$P_2 = F_2 \cdot q_2, \text{ Н}, \quad (16)$$

$$P_2 = 0,36 \cdot 2836,6 = 1021,2, \text{ Н}$$

F_2 – площадь активного давления, м²;

$$F_2 = b \cdot l, \text{ м}^2; \quad (17)$$

$$F_2 = 0,32 \cdot 1,144 = 0,36, \text{ м}^2$$

b – ширина отверстия бункера, м;

$$b = 0,8b_{\text{ЛП}}, \text{ М} \quad (18)$$

$$b = 0,8 \cdot 0,4 = 0,32, \text{ М}$$

$b_{\text{ЛП}}$ – ширина ленты питателя, м;

l – длина отверстия бункера, м;

$$l = 0,4 l_{\text{ЛП}}, \text{ М} \quad (19)$$

$$l = 0,4 \cdot 2,86 = 1,144, \text{ М}$$

$l_{\text{лп}}$ —длина ленточного питателя, м;

q_2 — давление бетонной смеси, Па

$$q_2 = \frac{p \cdot R}{f_1 \cdot \theta}, \text{ Па} \quad (20)$$

$$q_2 = \frac{2300 \cdot 0,74}{1 \cdot 0,6} = 2836,6, \text{ Па}$$

R – гидравлический радиус выпускного отверстия бункера, м, $R=0,74$ м;

f_1 – коэффициент внутреннего трения бетонной смеси, $f_1 = 1,0$;

N_3 — мощность, требуемая для транспортирования бетонной смеси на ленте, кВт

$$N_3 = \frac{W_3 \cdot v_{\text{лп}}}{1000}, \text{ кВт} \quad (21)$$

$$N_3 = \frac{115,8 \cdot 0,103}{1000} = 11,9, \text{ кВт}$$

где W_3 – сила сопротивления перемещению бетонной смесью на ленте, Н

$$W_3 = 10b_{\text{лп}} \cdot h \cdot l_{\text{лп}} \cdot p \cdot k_3, \text{ Н} \quad (22)$$

$$W_3 = 10 \cdot 0,4 \cdot 0,11 \cdot 2,86 \cdot 2300 \cdot 0,04 = 115,8, \text{ Н}$$

k_3 – приведенный коэффициент сопротивления роlikоопор ленты питателя, $k_3=0,035 \dots 0,04$.

4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

4.1. Описание технологического процесса

1) Пост чистки и смазки формы

Производство по агрегатно-поточной технологии железобетонной безнапорной трубы Т80.50-2 начинается с того, что бетонщик 4 разряда производит чистку формы при помощи пневмошлифовочной машины в течение 4 минут. Далее он смазывает форму парафиновой смазкой при помощи распылителя в течение 2 минут. Бетонщик 4 разряда осуществляет контроль за качеством смазки.

Готовая форма стропуется и расстроповывается бетонщиком 4 разряда, каждый процесс продолжается 30 секунд. Далее форма перемещается мостовым краном №1 на пост армирования в течение 30 секунд.

2) Пост армирования

Готовая форма на посту армирования расстроповывается бетонщиком 4 разряда в течение 30 секунд. Далее производится установка, заранее изготовленного на установке МВК 450 GMBH, арматурного каркаса в течение 6 минут при помощи бетонщика 4 разряда и мостового крана №1. Затем арматурный каркас фиксируется бетонщиком 4 разряда в течение 2 минут.

3) Пост формование

Подготовка бетоноукладчика СМЖ-96Д производится машинистом 3 разряда в течение 2 минут.

Укладка бетонной смеси в форму происходит за один проход бетоноукладчика в течение 2 минуты. Далее оператором центрифуги 4 разряда включается центробежно-прокатная машина ЦПК. Формование изделия происходит в два этапа. Сначала бетонная смесь равномерно распределяется по форме при скорости вращения центрифуги 60 об/мин. в течение 3 минут, далее скорость увеличивается до 380 об/мин. для уплотнения бетонной смеси. Общая продолжительность процесса составляет 16 минут.

После формования форму с изделием стропует бетонщик 3 разряда в течение 30 секунд, после чего форма транспортируется мостовым краном №1 в течение 1 минуты на пост ТВО.

4) Пост тепловлажностной обработки

На посту тепловой обработки форма устанавливается в ямную пропарочную камеру, где и расстроповывается бетонщиком 3 разряда в течение 1 минуты. Изделие подвергают тепловлажностной обработке продолжительностью 9,5 часов, из них на подъем температуры приходится 3 часа, на изотермическое выдерживание при максимальной температуре 70 °с 4,5 часа и на остывание в тепловом агрегате приходится 2 часа.

После достижения бетоном распалубочной прочности форму стропует бетонщик 3 разряда в течение 30 секунд, и она транспортируется мостовым краном №1 в течение 30 секунд на пост распалубки.

5) Пост распалубки

На посту распалубки форма расстроповывается в течение 30 секунд бетонщиком 3 разряда.

Распалубка изделия осуществляется бетонщиком 3 разряда, такелажником 3 разряда и мостовым краном №2 в два этапа.

Сначала бетонщик 3 разряда при помощи гайковерта снимает заглушку с раструба формы в течение 1 минуты, далее такелажник 3 разряда стропует форму в течение 30 секунд и кран при помощи траверсы-кантователя переводит форму в вертикальное положение. После чего форма снимается с изделия. Весь процесс занимает 3 минуты.

После распалубки изделие спронуется бетонщиком 3 разряда в течение 30 секунд и транспортируется мостовым краном №2 на пост гидроиспытания в течение 1 минуты. Свободная форма стропуется бетонщиком 3 разряда и перемещается мостовым краном №1 на пост подготовки форм в течение 1 минуты.

6) Пост доводки.

Изделие на пост доводки поступает с поста распалубки. На протяжении 4 минут 2 отделочника 3 разряда следят за процессом шлифовки труб, а затем еще 2 минуты за калибровкой раструбов. Далее изделие при помощи мостового крана транспортируют на стенд гидравлических испытаний (1 минута), где 4 бетонщика 5 разряда производят испытания в течение 5 минут. Как только испытания закончатся, изделие краном перемещается на самоходную тележку и транспортируется на склад готовой продукции (1 минута).

7) Гидроиспытание изделия

После распалубки изделие направляется на гидроиспытание. Изделие устанавливается на установку ГИ-16 и расстроповывается бетонщиком 4 разряда. Процесс гидроиспытания продолжается 10 минут. После испытания изделие стропуется бетонщиком 4 разряда и транспортируется мостовым краном №2 на пост механического испытания в течение 30 секунд.

8) Механическое испытание

Изделие устанавливается на установку для испытания нагружением СИУ-16 и расстроповывается бетонщиком 4 разряда в течение 30 секунд. Процесс испытания длится 12 минут. После изделие стропуется бетонщиком 4 разряда в течение 30 секунд и перемещается на пост приемки и маркировки мостовым краном №2 в течение 30 секунд.

4.2 Разработка схем технологического процесса

Перечень технологических операций:

1. Раскрытие замков элементов форм.
2. Очистка форм, контроль чистки форм.
3. Смазка форм, сборка форм, закрывание замков, контроль смазки и сборки форм.
4. Установка ненапрягаемой арматуры –каркасов, установка фиксаторов арматуры и комплектующих элементов в формы, контроль армирования и составление акта скрытых работ.
5. Перемещение формы.
6. Укладка, уплотнение бетонной смеси.
7. Перемещение форм с изделием в камеру тепловлажностной обработки, контроль режима тепловой обработки.
8. Проведение гидроиспытаний и испытаний нагружением.
9. Приемка ОТК, складирование, отправка потребителю.

Схема производства железобетонных безнапорных труб представлена на рисунке 13.



Рисунок 13 – Схема производства железобетонных безнапорных труб

Первый способ оптимизации – при заданном ритме

Оптимизацию будем проводить по первому варианту, когда задан ритм выпуска изделий. Для оптимизации при заданном ритме необходимо построить пооперационный график, найти на нем последовательную непрерывную цепочку операций, суммарная длительность которой определяет время выполнения всего комплекса операций (длительность цикла).

За ведущий процесс принимаем процесс формования, который длится 20 минут. Следовательно, длительность цикла равна 20 минутам.

Неоптимизированный пооперационный график представлен в таблице 10.

Пооперационный график при первом способе оптимизации представлен в таблице 11.

При помощи таблиц строим неоптимизированный график движения рабочей силы, который представлен на рисунке 14, и оптимизированный график движения рабочей силы – рисунок 15.

Таблица 10 – Неоптимизированный пооперационный график.

Процессы	Операции	Оборудование	Рабочие		Производительность	Продолжительность	Время, мин.																						
			Профессия, разряд чел	кол			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Подготовка форм	Чистка формы	Некомпл. машин	Бетонщик фр.	1	1	4																							
	Смазка формы	Распылитель		1	1	2																							
	Перемещение формы на пост армирования	K1		0	-	1,5																							
Подготовка арматурных каркасов	Связка арматурного каркаса	СМЖ-420	Оператор фр.	2	4	4																							
	Направление арматурных каркасов на пост армирования	K1		0	-	1,5																							
	Установка арматурных каркасов	K1	Бетонщик фр.	1	1,5	6																							
Пост армирования	фиксация арматурных каркасов в форме	Вручную		1	4	2																							
	Передача формы на пост формирования	K1		0	-	1,5																							
	Подготовка бетоноукладчика	СМЖ-425	Машинист фр.	1	1,5	2																							
Пост формирования	Укладка бетонной смеси в форму	СМЖ-425	Оператор центрифуги	1	-	2																							
	Центрифугирование	ЦПМ		1	-	16																							
	емещение формы в камеру ТВО и выгрузка готового изделия на пост распада	K1		0	-	4																							
Пост распада	Снятие заглушки с раствора	Гайковёрт	Бетонщик фр.	1	0,5	1																							
	Освобождение изделия от формы	K2	Такеджики фр.	1	1	3																							
	Перенос формы на пост подготовки формы	K2		0	-	2																							
Пост гидротиспания	Перенос изделия на пост гидротиспания	K2		0	-	2																							
	Искатание изделия	ГП-16	Бетонщик фр.	1	-	10																							
	Перемещение изделия на пост испытания на нагружение	K2		0	-	1,5																							
Пост испытания на нагружением	Испытание изделия	СПУ-16	Бетонщик фр.	1	-	12																							
	Перемещение изделия на пост приемки изделия	K3		0	-	1,5																							
Пост приемки изделия	Прочка и маркировка изделия	Вручную	Инженер ОТК	1	4	4																							
	Складирование продукции	K3	Такеджики фр.	1	-	2																							

Таблица 11 – Пооперационный график при первом способе оптимизации.

Процессы	Операции	Оборудование	Рабочие		Продолжительность	Время, мин.																			
			Профессия, разряд нец	Количество		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Подготовка форм	Чистка формы	Иномашинф. машин	Бетонщик фр.	1	1	4																			
	Смазка формы	Распылитель		1	1	2																			
	Перемещение формы на пост армирования	К1	Оператор фр.	0	-	1,5																			
				2	4	4																			
Подготовка арматурных каркасов	Связка арматурного каркаса	СМЖ-420	Оператор фр.	2	4	4																			
	Напряжение арматурных каркасов на пост армирования	К1	Бетонщик фр.	0	-	1,5																			
				2	4	6																			
Пост армирования	Установка арматурных каркасов	К1		1,5		6																			
	Фиксация арматурных каркасов в форме	Вручную		1	4	2																			
Пост формирования	Перезащита формы на пост формирования	К1	Бетонщик фр.	0	-	1,5																			
				2	4	2																			
	Подготовка бетоноулытков	СМЖ-425	Машинист фр.	1	1,5	2																			
				1	-	2																			
	Укладка бетонной смеси в форму	СМЖ-425	Кератор центрифуги	1	-	16																			
				1	-	16																			
Пост распылки	емещение формы в камеру ТВО и выгрузка готового изделия на пост распылку	К1	Бетонщик фр.	0	-	4																			
				1	0,5	1																			
		Снятие заглушки с распылка	Гайковерт	Бетонщик фр.	1	1	1																		
					1	1	3																		
		Освобождение изделия от формы	К2	Такелажник фр.	1	1	3																		
					0	-	2																		
	Перенос формы на пост подготовки формы	К2	Бетонщик фр.	0	-	2																			
				0	-	2																			
Пост гидроиспытания	Испытание изделия	ГН-16	Бетонщик фр.	1	-	10																			
				1	-	10																			
Пост испытания нагружением	Перемещение изделия на пост испытания нагружением	К2	Бетонщик фр.	0	-	1,5																			
				1	-	12																			
Пост приемки изделия	Перемещение изделия на пост приемки изделия	К3	Бетонщик фр.	0	-	1,5																			
				1	4	4																			
Пост складирования продукции	Проверка и маркировка изделия	Вручную	Инженер ОТК	1	4	4																			
				1	-	2																			
Пост складирования продукции	Складиование продукции	К3	Такелажник фр.	1	-	2																			
				1	-	2																			

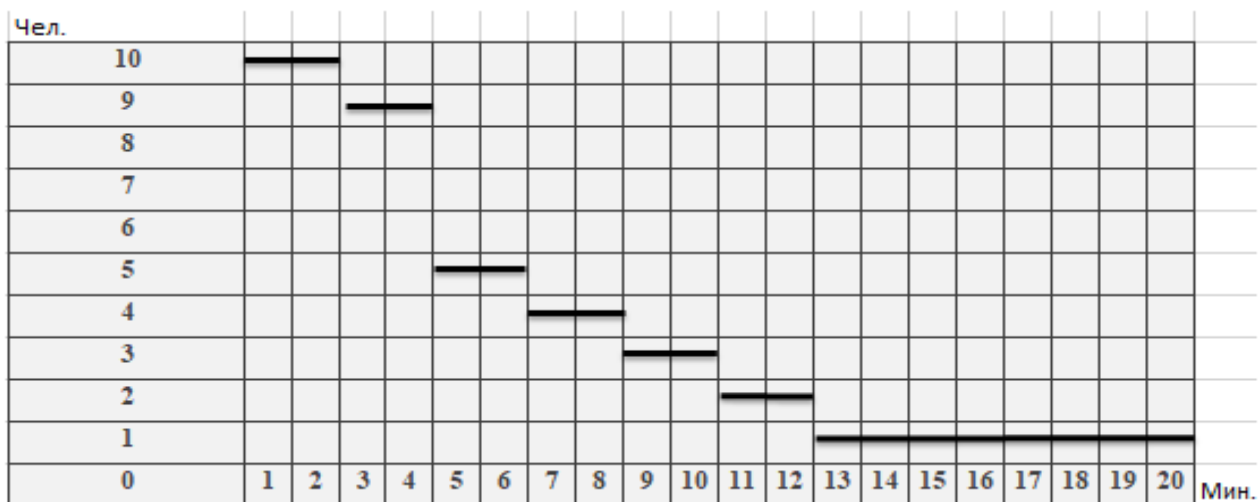


Рисунок 14 – Неоптимизированный график движения рабочей силы.

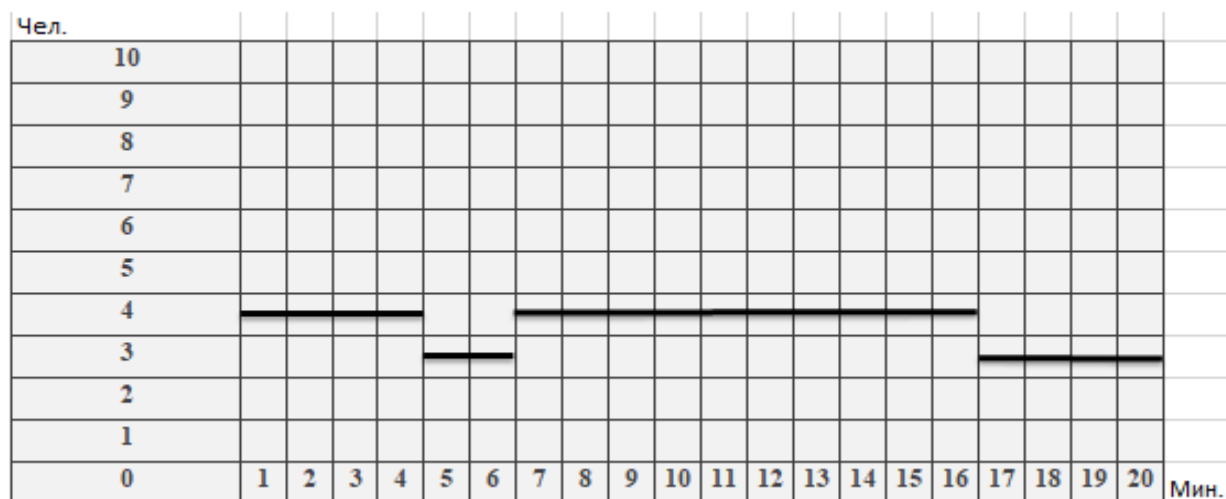


Рисунок 15 – Оптимизированный график движения рабочей силы.

Исходя из него определяем максимальное число рабочих для второго способа оптимизации (3-мех).

Наименование	Состав звена	Трудоемкость на 1 изд. (чел*мин)	Время выполнения на 1 изделие (мин)	Условные обозначения рабочих	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Подготовка бетоноукладчика	машинист 3 р.	2	2	М-3																				
Укладка бетонной смеси	оператор центрифуг и 4 р.	-	2	ОЦ-4																				
Уплотнение бетонной смеси	оператор центрифуг и 4 р.	-	16	ОЦ-4																				
Перемещение формы на пост ТВО	кран №1	-	1,5	-																				
итого:		2	21,5																					

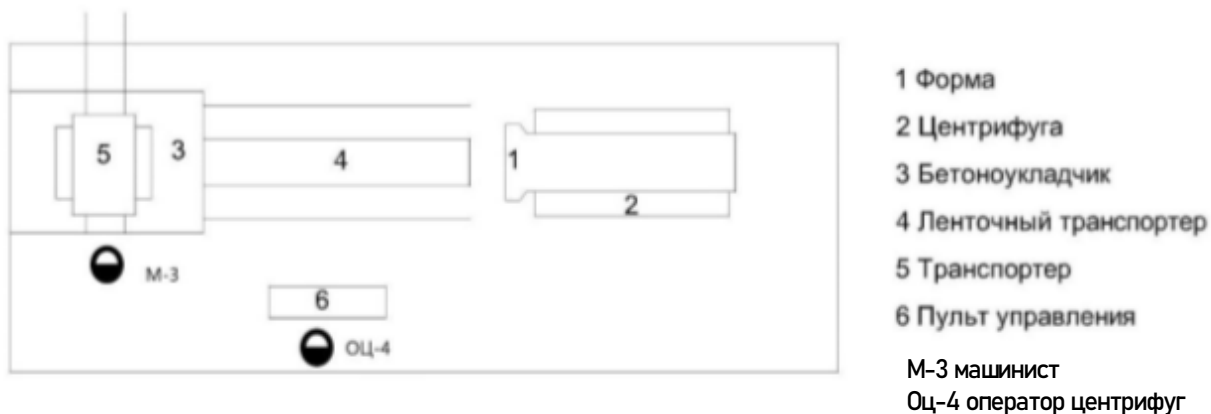


Рисунок 16 – Циклограмма работ на посту формования.

Наименование	Состав звена	Трудоемкость на 1 изд. (чел*мин)	Время выполнения на 1 изделие (мин)	Условные обозначения рабочих	1	2	3	4	5	6	19	20
Снятие заглушки с раструба	бетонщик 3 р.	0,5	1	Б-3								
Освобождение изделия от формы	такелажник 3 р.	1,5	3	Т-3								
Перемещение формы на пост подготовки форм	кран №1	-	2	-								
Перемещение изделия на пост гидроспытания	кран №2	-	2	-								
итого:		2	8									

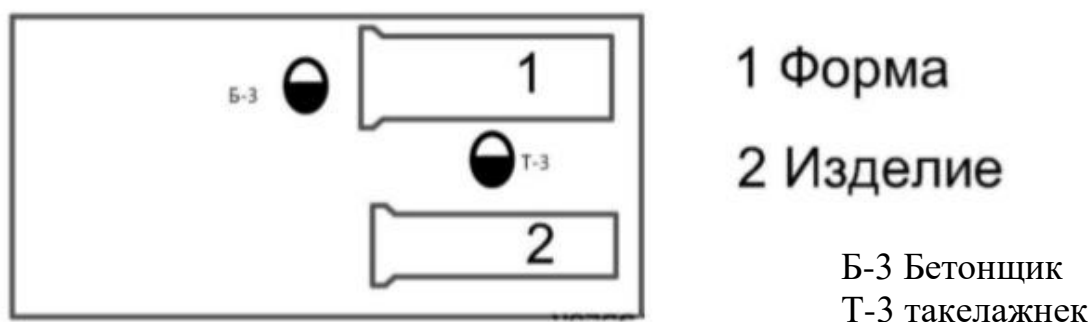


Рисунок 17 – Циклограмма работ на посту распалубки.

4.3.Циклограммы работы машин технологической линии

Постройка циклограммы по первому способу оптимизации.

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

По циклограмме видно, что первая машина может начать работу только после того как другая подготовила для нее фронт работ, например, укладку бетонной смеси можно начинать только после того как установлена подготовленная форма.

Циклограмма строится на длительность одного цикла. На циклограмме проекция любой линии на оси t есть продолжительность выполнения операции, на оси S перемещение машины при выполнении операций.

Циклограмма по первому способу оптимизации представлена на рисунке 18

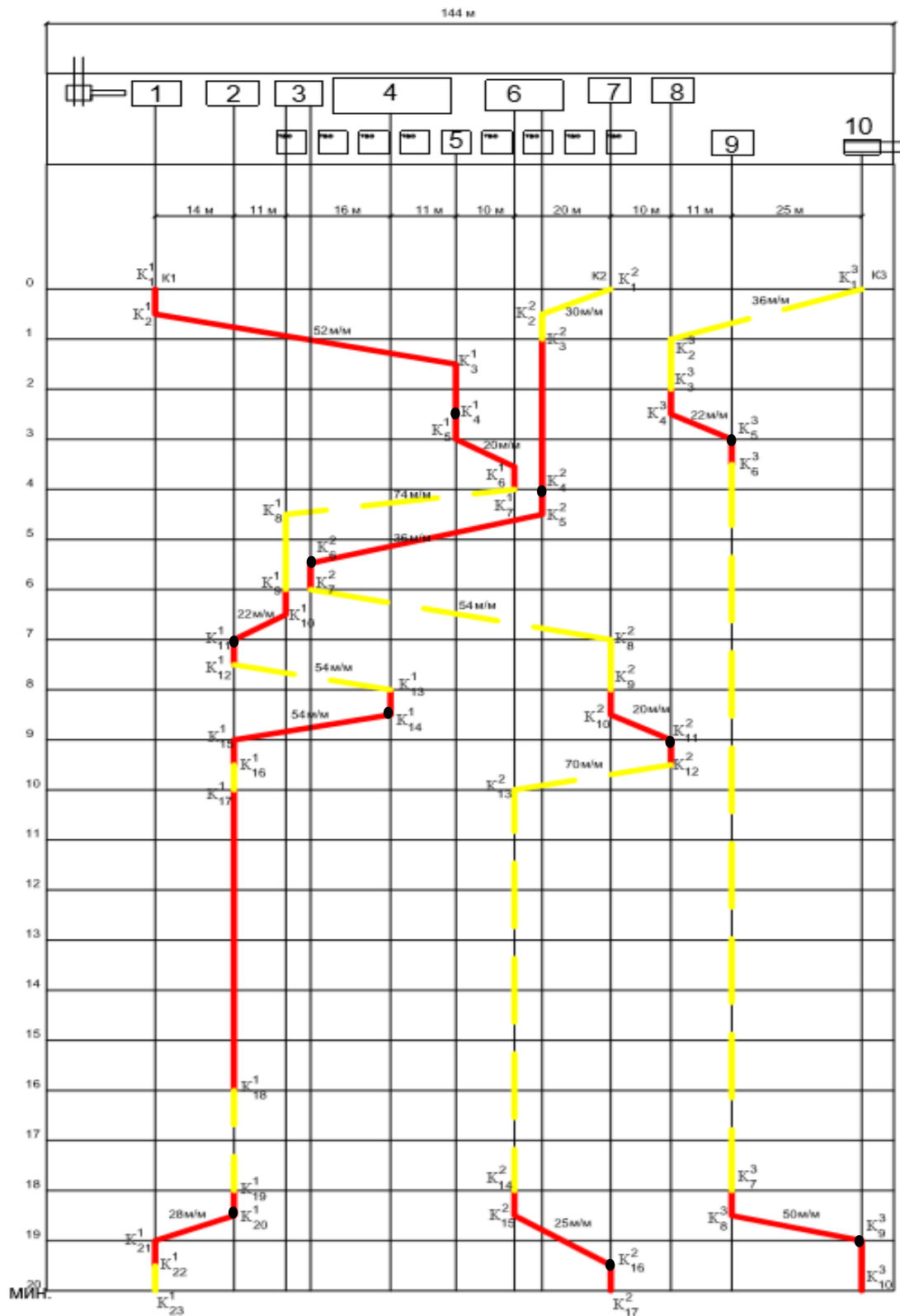


Рисунок 18 – Циклограмма по первому способу оптимизации.

1 – пост формования; 2 – пост армирования; 3 – пост подготовки форм; 4 – пост изготовления арматурного каркаса; 5 – пост ТВО; 6 – пост распалубки; 7 – пост гидроиспытания; 8 – пост механического испытания; 9 – пост приемки и маркировки; 10 – склад готовой продукции.

Посты и операции по первому способу оптимизации

Кран №1:

$K^1_1-K^1_2$ – строповка изделия;

$K^1_2-K^1_3$ – перемещение изделия на пост ТВО;

$K^1_3-K^1_4$ – расстроповка формы;

$K^1_4-K^1_5$ – строповка изделия;

$K^1_5-K^1_6$ – перемещение изделия на пост распалубки;

$K^1_6-K^1_7$ – расстроповка формы;

$K^1_7-K^1_8$ – переход крана на пост подготовки форм;

$K^1_8-K^1_9$ – простой крана;

$K^1_9-K^1_{10}$ – строповка формы;

$K^1_{10}-K^1_{11}$ – перемещение формы на пост армирования;

$K^1_{11}-K^1_{12}$ – расстроповка формы;

$K^1_{12}-K^1_{13}$ – переход крана на пост изготовления арматурных каркасов;

$K^1_{13}-K^1_{14}$ – строповка арматурного каркаса;

$K^1_{14}-K^1_{15}$ – перемещение арматурного каркаса на пост армирования;

$K^1_{15}-K^1_{16}$ – расстроповка арматурного каркаса;

$K^1_{16}-K^1_{17}$ – простой крана;

$K^1_{17}-K^1_{18}$ – установка арматурного каркаса в форму;

$K^1_{18}-K^1_{19}$ – простой крана;

$K^1_{19}-K^1_{20}$ – строповка формы;

$K^1_{20}-K^1_{21}$ – перемещение формы на пост армирования;

$K^1_{21}-K^1_{22}$ – расстроповка формы;

$K^1_{22}-K^1_{23}$ – простой крана.

Кран №2:

$K^2_1-K^2_2$ – переход крана на пост распалубки;

$K^2_2-K^2_3$ – простой крана;

$K^2_3-K^2_4$ – распалубка изделия;

$K^2_4-K^2_5$ – строповка формы;

$K^2_5-K^2_6$ – перемещение формы на пост подготовки форм;

$K^2_6-K^2_7$ – расстроповка формы;

$K^2_7-K^2_8$ – переход крана на пост гидроиспытания;

$K^2_8-K^2_9$ – простой крана;

$K^2_9-K^2_{10}$ – строповка изделия;

$K^2_{10}-K^2_{11}$ – перемещение изделия на пост механического испытания;

$K^2_{11}-K^2_{12}$ – расстроповка изделия;

$K^2_{12}-K^2_{13}$ – переход крана на пост распалубки;

$K^2_{13}-K^2_{14}$ – простой крана;

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

$K^2_{15}-K^2_{16}$ – перемещение изделия на пост гидроиспытания;

$K^2_{16}-K^2_{17}$ – расстроповка изделия.

Кран №3:

$K^3_1-K^3_2$ – переход крана на пост механического испытания;

$K^3_2-K^3_3$ – простой крана;

$K^3_3-K^3_4$ – строповка изделия;

$K^3_4-K^3_5$ – перемещение изделия на пост приемки и маркировки изделий;

$K^3_5-K^3_6$ – расстроповка изделия;

$K^3_6-K^3_7$ – простой крана;

$K^3_7-K^3_8$ – строповка изделия;

$K^3_8-K^3_9$ – перемещение изделия на пост складирования;

$K^3_9-K^3_{10}$ – складирование изделия.

Второй способ оптимизации – ограниченная величина ресурсов

Оптимизацию будем проводить по второму варианту, при ограниченной величине ресурсов. При ограниченной величине ресурсов (3 человека) нужно найти такую нижнюю границу длительности элементного цикла, при котором суммарная длительность по всем операциям в каждом интервале времени не превысила бы имеющиеся ресурсы. Оптимизированный график при ограниченной величине ресурсов представлен в таблице 12.

График движения рабочей силы при ограниченной величине ресурсов изображено на рисунке 19.

Таблица 12 – Оптимизированный график при ограниченной величине ресурсов.

Процессы	Операции	Оборудование	Рабочие		Продолжительность	Время, мин.																										
			Профессия, разряд	неопыт		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Подготовка форм	Чистка формы	Неавтолиф. машина	Бетонщик-фр.	1	4	[Bar chart showing activity from 1 to 4 minutes]																										
	Смазка формы	Распылитель				1	1	2	[Bar chart showing activity from 2 to 3 minutes]																							
	Перемещение формы на пост армирования	К1				0	-	1,5	[Bar chart showing activity from 1,5 to 3 minutes]																							
Подготовка арматурного каркаса	Связка арматурного каркаса	СМЛЖ-420	Оператор-фр.	2	4	[Bar chart showing activity from 2 to 4 minutes]																										
	Направление арматурных каркасов на пост армирования	К1				0	-	1,5	[Bar chart showing activity from 1,5 to 3 minutes]																							
	Установка арматурных каркасов	К1				1	1,5	6	[Bar chart showing activity from 1,5 to 6 minutes]																							
Пост армирования	Фиксация арматурных каркасов в форме	Вручную	Бетонщик-фр.	1	4	[Bar chart showing activity from 1 to 4 minutes]																										
	Передача формы на пост формования	К1				0	-	1,5	[Bar chart showing activity from 1,5 to 3 minutes]																							
	Подготовка бетонораздатчика	СМЛЖ-425				1	1,5	2	[Bar chart showing activity from 1,5 to 3,5 minutes]																							
Пост формования	Укладка бетонной смеси в форму	СМЛЖ-425	Машинист-фр.	1	2	[Bar chart showing activity from 1 to 2 minutes]																										
	Центрифугирование	ЦПМ				1	-	16	[Bar chart showing activity from 1 to 16 minutes]																							
	Емещение формы в камеру ТВО и выгрузка готового изделия на пост раскладки	К1				0	-	4	[Bar chart showing activity from 0 to 4 minutes]																							
Пост раскладки	Снятые заготовки с раскряков	Гайвоверт	Бетонщик-фр.	1	0,5	[Bar chart showing activity from 1 to 1,5 minutes]																										
	Освобождение изделия от формы	К2				1	1	3	[Bar chart showing activity from 1 to 3 minutes]																							
	Перенос формы на пост подготовки формы	К2				0	-	2	[Bar chart showing activity from 0 to 2 minutes]																							
Пост гидростатистанция	Перенос изделия на пост гидростатистанция	К2	Бетонщик-фр.	0	2	[Bar chart showing activity from 0 to 2 minutes]																										
	Испытание изделия	ПН-16				1	-	10	[Bar chart showing activity from 1 to 10 minutes]																							
	Перемещение изделия на пост испытаня нагруженем	К2				0	-	1,5	[Bar chart showing activity from 0 to 1,5 minutes]																							
Пост испытаня нагруженем	Испытание изделия	СПН-16	Бетонщик-фр.	1	12	[Bar chart showing activity from 1 to 12 minutes]																										
	Перемещение изделия на пост приемки изделия	К3				0	-	1,5	[Bar chart showing activity from 0 to 1,5 minutes]																							
	Проческа и маркировка изделия	Вручную				1	4	4	[Bar chart showing activity from 1 to 4 minutes]																							
Пост складирования продукции	Складирование продукции	К3	Танкаджик-фр.	1	-	2	[Bar chart showing activity from 1 to 2 minutes]																									

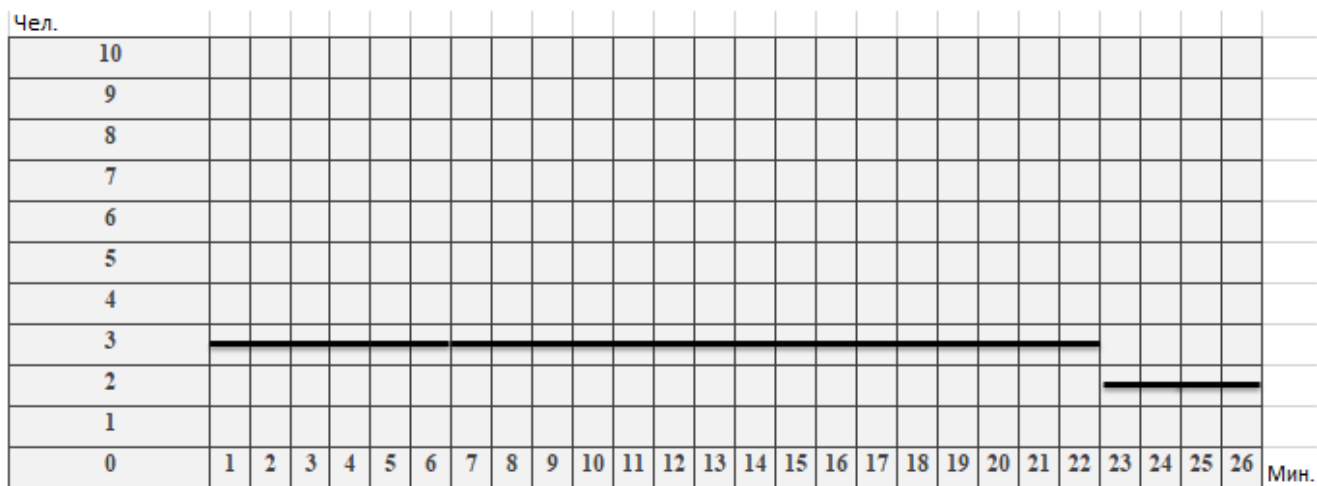


Рисунок 19 – График движения рабочей силы при ограниченной величине ресурсов.

Циклограмма второго способа оптимизации

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

По циклограмме видно, что первая машина может начать работу только после того как другая подготовила для нее фронт работ, например, укладку бетонной смеси можно начинать только после того как установлена подготовленная форма.

Циклограмма строится на длительность одного цикла. На циклограмме проекция любой линии на оси t есть продолжительность выполнения операции, на оси S перемещение машины при выполнении операций.

Циклограмма по второму способу оптимизации представлена на рисунке 20.

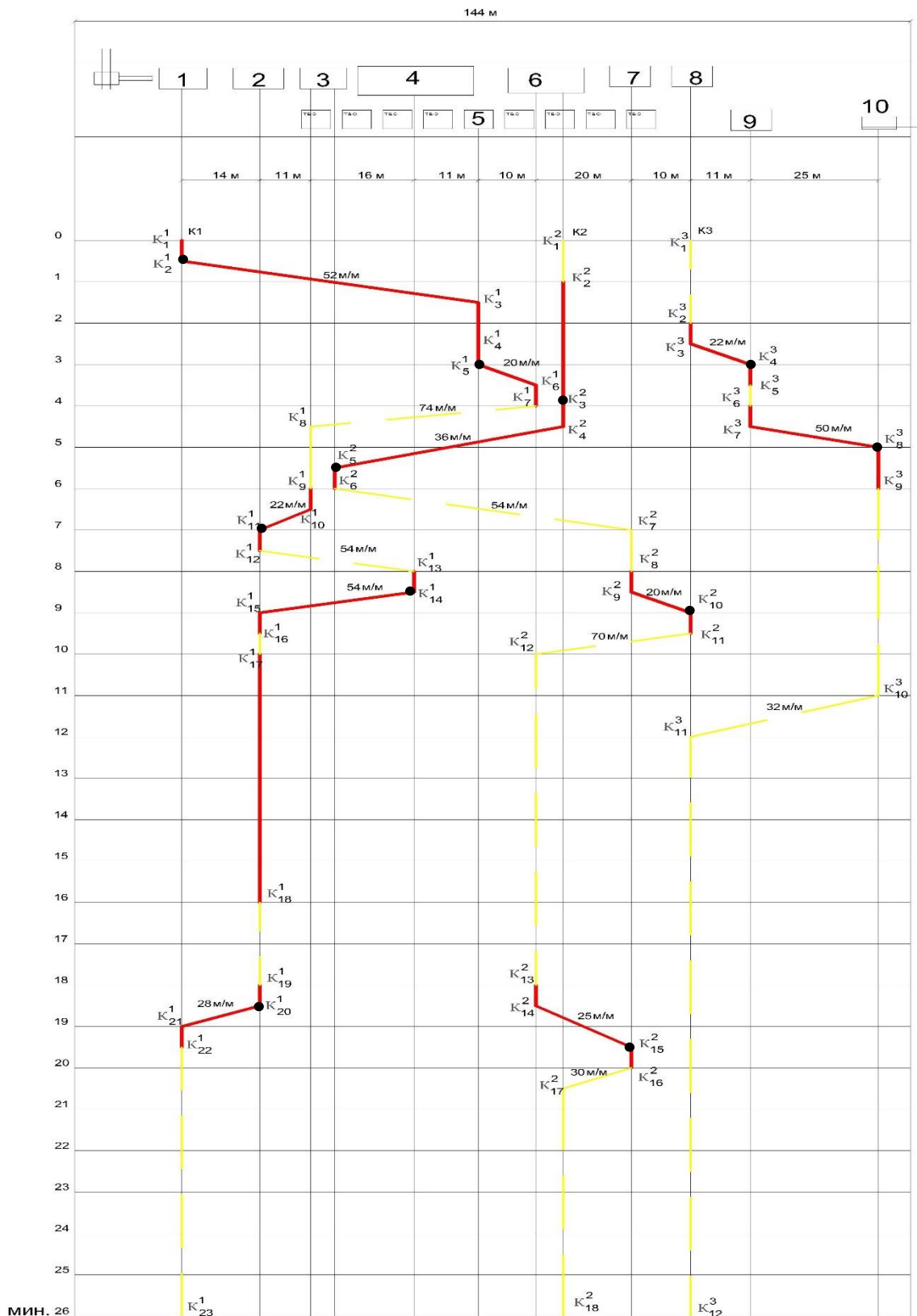


Рисунок 20 – Циклограмма по второму способу оптимизации.

1 – пост формования; 2 – пост армирования; 3 – пост подготовки форм; 4 – пост изготовления арматурного каркаса; 5 – пост ТВО; 6 – пост распалубки; 7 – пост гидроиспытания; 8 – пост механического испытания; 9 – пост приемки и маркировки; 10 – склад готовой продукции.

Посты и операции по второму способу оптимизации

Кран №1:

$K^1_1-K^1_2$ – строповка изделия;

$K^1_2-K^1_3$ – перемещение изделия на пост ТВО;

$K^1_3-K^1_4$ – расстроповка формы;

$K^1_4-K^1_5$ – строповка изделия;

$K^1_5-K^1_6$ – перемещение изделия на пост распалубки;

$K^1_6-K^1_7$ – расстроповка формы;

$K^1_7-K^1_8$ – переход крана на пост подготовки форм;

$K^1_8-K^1_9$ – простой крана;

$K^1_9-K^1_{10}$ – строповка формы;

$K^1_{10}-K^1_{11}$ – перемещение формы на пост армирования;

$K^1_{11}-K^1_{12}$ – расстроповка формы;

$K^1_{12}-K^1_{13}$ – переход крана на пост изготовления арматурных каркасов;

$K^1_{13}-K^1_{14}$ – строповка арматурного каркаса;

$K^1_{14}-K^1_{15}$ – перемещение арматурного каркаса на пост армирования;

$K^1_{15}-K^1_{16}$ – расстроповка арматурного каркаса;

$K^1_{16}-K^1_{17}$ – простой крана;

$K^1_{17}-K^1_{18}$ – установка арматурного каркаса в форму;

$K^1_{18}-K^1_{19}$ – простой крана;

$K^1_{19}-K^1_{20}$ – строповка формы;

$K^1_{20}-K^1_{21}$ – перемещение формы на пост армирования;

$K^1_{21}-K^1_{22}$ – расстроповка формы;

$K^1_{22}-K^1_{23}$ – простой крана.

Кран №2:

$K^2_1-K^2_2$ – простой крана;

$K^2_2-K^2_3$ – распалубка изделия;

$K^2_3-K^2_4$ – строповка формы;

$K^2_4-K^2_5$ – перемещение формы на пост подготовки форм;

$K^2_5-K^2_6$ – расстроповка формы;

$K^2_6-K^2_7$ – переход крана на пост гидроиспытания;

$K^2_7-K^2_8$ – простой крана;

$K^2_8-K^2_9$ – строповка изделия;

$K^2_9-K^2_{10}$ – перемещение изделия на пост механического испытания;

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

$K^2_{11}-K^2_{12}$ – переход крана на пост распалубки;

$K^2_{12}-K^2_{13}$ – простой крана;

$K^2_{13}-K^2_{14}$ – строповка изделия;

$K^2_{14}-K^2_{15}$ – перемещение изделия на пост гидроиспытания;

$K^2_{15}-K^2_{16}$ – расстроповка изделия;

$K^2_{16}-K^2_{17}$ – переход крана на пост распалубки;

$K^2_{17}-K^2_{18}$ – простой крана.

Кран №3:

$K^3_1-K^3_2$ – простой крана;

$K^3_2-K^3_3$ – строповка изделия;

$K^3_3-K^3_4$ – перемещение изделия на пост приемки;

$K^3_4-K^3_5$ – расстроповка изделия;

$K^3_5-K^3_6$ – простой крана;

$K^3_6-K^3_7$ – строповка изделия;

$K^3_7-K^3_8$ – перемещение изделия на склад;

$K^3_8-K^3_9$ – складирование изделия;

$K^3_9-K^3_{10}$ – простой крана;

$K^3_{10}-K^3_{11}$ – переход крана на пост механического испытания;

$K^3_{11}-K^3_{12}$ – простой крана.

4.4. организация труда рабочих технологической линии

После проведенной оптимизации необходимо оценить ее эффективность, рассчитав среднюю интенсивность потребления ресурсов, потери труда из-за неравномерного и неполного использования ресурсов и наибольшую интенсивность текущего потребления ресурсов.

Средняя интенсивность потребления ресурсов:

$$P = \frac{\sum P(i;j)*T(i;j)}{T_c}, \quad (23)$$

где $P(i; j)$ – потребление ресурсов на операции, чел.

$T(i; j)$ – длительность операции, мин.

T_c – такт выпуска, мин.

$$P = (4*4+2*3+10*4+4*3)/20 = 3,7 \text{ чел-мин.}$$

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

$$\Delta H = H_f - H, \quad (24)$$

где H_f – фактические затраты труда на стад. Процессе чел-мин.

H – трудоемкость операции, мин.

$$H_f = P_{\max} * T_c, \text{ чел-мин.} \quad (25)$$

P_{\max} – наибольшая интенсивность текущего потребления ресурсов.

До оптимизации:

$$H_f = 10*20 = 200 \text{ чел-мин.}$$

$$\Delta H = 200 - 74 = 126 \text{ чел-мин.}$$

После оптимизации по первому способу:

$$H_f = 4*20 = 80 \text{ чел-мин.}$$

$$\Delta H = 80 - 74 = 6 \text{ чел-мин.}$$

После оптимизации по второму способу:

$$H_f = 3*26 = 78 \text{ чел-мин.}$$

$$\Delta H = 78 - 74 = 4 \text{ чел-мин.}$$

4.5. определение уровня механизации и автоматизации

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

$$Y_m = \frac{\sum Z_i * K_i * N_i}{3 \sum N_i}, \quad (26)$$

где Z – характеристика вида механизации операции:

- $Z = 0$ – операция не механизирована;

- $Z = 1$ – операция выполняется при помощи машины ручного действия (без привода);
- $Z = 2$ – операция выполняется при помощи мех-ой машины (имеющей привод, но требующий ручной труд);
- $Z = 3$ – операция выполняется при помощи мех-ой машины (имеющий привод, не требующей ручной труда) или автоматом.

K – коэффициент степени механизации операций:

- $K = 1$ – операция полностью механизирована;
- $K = 0,5$ – операция частично механизирована.

N_i – количество операций.

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

$$Y_a = \frac{\sum Z_i * K_i * N_i}{1,5 \sum N_i}, \quad (27)$$

где Z – характеристика вида автоматизации операции:

- $Z = 0$ – операция не автоматизирована;
- $Z = 1$ – операция выполняется при помощи полуавтоматических устройств, когда функции рабочего сводятся к включению, выключению агрегата и наблюдению;
- $Z = 1,5$ – операция выполняется автоматически, без участия человека, функция рабочего – наблюдение.

K – коэффициент степени автоматизации операций:

- $K = 1$ – операция полностью автоматизирована;
- $K = 0,5$ – операция частично автоматизирована.

N_i – количество операций

Для расчета уровня механизации и автоматизации используется сводная таблица 13.

Таблица 13 – Сводная таблица уровня механизации и автоматизации.

№	Операция	Механизация				Автоматизация			
		Zi	ki	ni	Zikini	Zi	ki	ni	Zikini
1	Операции на форм. линии								
1.1	Чистка формы	1	0,5	1	0,5	0	-	1	0
1.2	Смазка формы	1	0,5	1	0,5	0	-	1	0
1.3	Свивка арм. каркас.	2	0,5	1	1	1	0,5	1	0,5
1.4	Установка арм. каркаса	1	0,5	1	1	1	0,5	1	0,5
1.5	Фиксация арм. каркаса	0	-	1	0	0	-	1	0
1.6	Укладка бетонной смеси в форму	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
1.7	Уплотнение бетонной смеси	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
1.8	ТВО	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
1.9	Снятие заглушки с раструба	1	0,5	1	0,5	0	-	1	0
1.10	Гидроиспытание изделия	3	1	1	3	1	1	1	1
1.11	Механическое испытание изделия	3	1	1	3	1	1	1	1
1.12	Приемка и маркировка изделия	0	-	1	0	0	-	1	0
2	Транспортировка								
2.1	Строповка	0	-	1	0	0	-	1	0
2.2	Расстроповка	0	-	1	0	0	-	1	0
2.3	Съем изделия с формы	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
2.4	Транспортировка краном	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
2.5	Установка изделия на самоходную тележку	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
2.6	Подача б/с к бетоноукладчику	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
2.7	Загрузка бетоноукладчика	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
	Итого			19	33,5			19	10
				ni	Zikini			ni	Zikini

Расчет уровней механизации и автоматизации:

$$\text{Уровень механизации } Y_m = \frac{\sum Z_i * K_i * N_i}{3 \sum N_i} = \frac{33,5}{57} = 59\%$$

$$\text{Уровень автоматизации } Y_a = \frac{\sum Z_i * K_i * N_i}{1,5 \sum N_i} = \frac{10}{28,5} = 35\%$$

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

5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

5.1 Описание термоформы для изготовления железобетонных труб

Термоформа для изготовления железобетонных безнапорных и напорных труб состоит из наружной опалубки 1 и герметизированного сердечника 2 с верхней 3 и нижней 4 крышками, в нижней части которого смонтирован парораспределитель в виде кольцевого коллектора 5. с патрубком 6, причем в пазах коллектора 5 закреплены вертикальные трубы 7 с продольными щелями 8, вдоль которых по касательной к коллектору 5 установлены направляющие пластины 9 (рисунок 21).

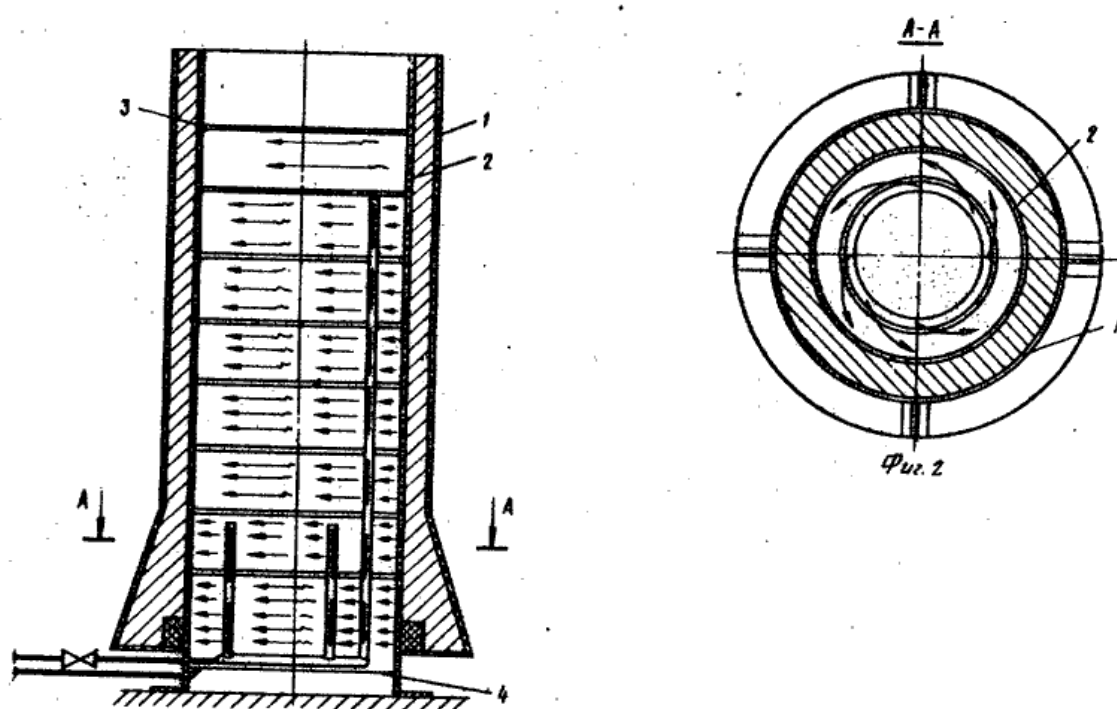


Рисунок 21 – Термоформа для изготовления железобетонных труб

Парораспределитель формы выполнен в виде кольцевого коллектора с патрубком, который смонтирован в нижней части сердечника, а в пазах его установлены вертикальные трубы, вдоль продольных щелей которых укреплены по касательной к кольцевому коллектору направляющие пластины.

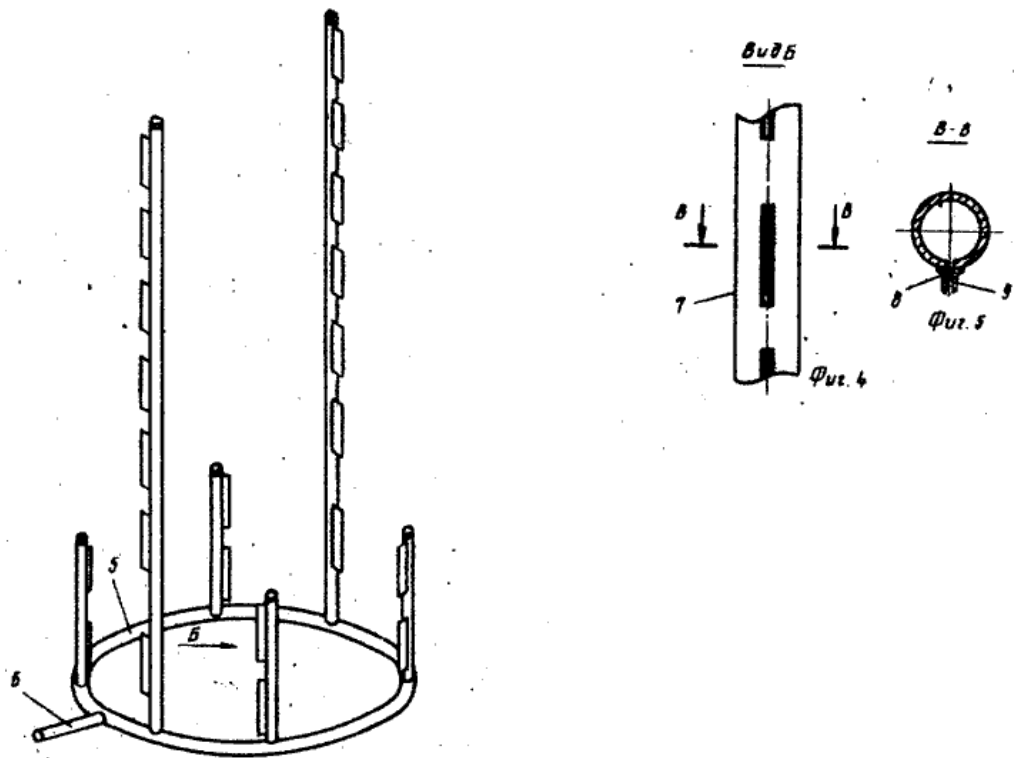


Рисунок 22 – Парораспределитель термоформы для изготовления железобетонных труб

Тепловая обработка изделий с помощью предлагаемой формы осуществляется следующим образом. Свежеотформованная труба в форме устанавливается на пост тепловой обработки, где при помощи шлангов, она подключается к трубопроводам пара, конденсата системы гидропрессовки. Затем опрессовывают трубу и в кольцевой коллектор 5 подают пар, который через продольные щели 8 поступает в полость сердечника в виде струй. Струи пара, сталкиваясь с внутренней поверхностью сердечника, меняют свое направление и начинают двигаться вдоль этой поверхности. При этом ликвидируются застойные зоны, между ребрами жесткости, в результате чего резко возрастает коэффициент теплоотдачи от движущегося в горизонтальной плоскости теплоносителя (на рис. 21 показано стрелками) к стенке сердечника, что влечет за собой интенсификацию прогрева бетона трубы и повышение степени равномерности распределения температур бетона по всей высоте трубы.

С целью повышения интенсивности процесса термообработки труб, в термоформе парораспределитель выполнен в виде кольцевого коллектора с патрубком и вертикальными трубами, причем кольцевой коллектор укреплен

горизонтально на нижней крышке, а вертикальные трубы имеют продольные щели и направляющие пластины.

5.2 Теплотехнический расчет термоформы

Данные для расчета

Геометрические параметры изделия:

- длина $l_{\phi} = 0,800$ м;
- диаметр (ширина) $b_{\phi} = 0,800$ м;
- высота $h_{\phi} = 2500$ м;

Масса изделия (Т800) $G_{и} = 2250$ кг;

Объем бетона в изделии $V_{б} = 0,884$ м³ ;

Объем одного изделия $V_{и} = 9,95$ м³ ;

Расход арматуры на одно изделие $G_{а} = 31,78$ кг;

Расход арматуры на 1 м³ бетона $G_{аб} = 35,95$ кг;

$V/\Pi = 2,6$;

Класс бетона: В30;

Толщина стенки трубы 100 мм;

Класс цемента: ЦЕМ I 42,5 Н;

Масса бетона в изделии $G_{б} = 2220$ кг;

Плотность бетонной смеси:

$$\rho = G_{\Pi} + G_{П} + G_{Щ} + G_{В} + G_{Д} \quad (28)$$

$$\rho = 350 + 752 + 1095 + 150 + 12,8 = 2357,8 \text{ кг/м}^3$$

Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси:

- Цемент 350 кг;
- Песок 752 кг;
- Щебень 1095 кг;
- Вода 150 кг;
- Сухая добавка СП-12,8 кг;

Вес сухих веществ на 1 м³ $G_{сб} = 2209,8$, кг;

α_1 – степень гидратации, для ПЩ $\alpha_1 = 0,17$;

Масса формы $G_{\phi} = 85$ кг;

Геометрические размеры формы:

- длина $l_{\phi} = 0,920$ м;

– ширина $b_{\phi} = 0,920$ м;

– высота $h_{\phi} = 3500$ м;

Температура загружаемых изделий $t_o = 20$ °С;

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

Температура изотермической выдержки $t_{из} = 90$ °С;

Температура изделий при выгрузке из формы $t_{ох} = 90$ °С;

Удельная теплоемкость бетона $c_b = 0,84$ кДж/кг·°С;

Коэффициенты:

– теплопроводности бетона $\lambda_b = 1,56$ Вт/м · град;

– температуропроводность бетона $\alpha_b = 27,9$ Вт/м² · град;

Прочность бетона после ТВО $R_{тво} = 25$ МПа.

Расчет термоформы для пропарки

$$G_{c1} = G_{cб} - V_{б} \quad (29)$$

$$= 2209,8 - 0,884 = 2208,9, \text{ кг}$$

$$G_c = V_{бк} * G_{c1} \quad (30)$$

$$G_c = 0,884 * 2208,9 = 1952,6, \text{ кг}$$

Количество воды, вступившее в реакцию с вяжущим:

$$G_{вс} = G_{в} * \alpha_1 \quad (31)$$

$$= 150 * 0,17 = 25,5, \text{ кг}$$

где α_1 – степень гидратации, для ПЦ $\alpha_1 = 0,17$;

где $V_{бк}$ – суммарный объем бетона изделий, входящих в камеру:

$$V_{бк} = N_1 * V_{б} \quad (32)$$

$$= 1 * 0,884 = 0,884, \text{ м}^3$$

где N_1 – число изделий, уложенных в камеру, шт.;

– воды:

$$G_w = V_{бк} * G_B = 0,884 * 150 = 132,6, \text{ кг}$$

– металла форм:

$$G_M = N_2 * G_{\phi} \quad (33)$$

$$G_M = 1 * 85 = 85, \text{ кг}$$

где N_2 – количество форм, загружаемых в камеру, шт.;

– арматуры и закладных деталей:

$$G_{ap} = G_{аб} * V_{бк} \quad (34)$$

$$G_{ap} = 35,95 * 0,884 = 31,77, кг$$

Выгружается из камеры:

– сухого бетона:

$$G_{бo} = G_c + G_{вz} \quad (35)$$

$$= 1952,6 + 22,54 = 1975,14, кг$$

где $G_{вг}$ – вода, перешедшая в гидратную влагу, кг:

$$G_{вz} = G_{вс} * V_{бк} \quad (36)$$

$$= 25,5 * 0,884 = 22,54, кг$$

– остаточная влага изделий:

$$G_{wocm} = G_w - G_{вz} - G_{ви} \quad (37)$$

$$G_{wocm} = 132,6 - 22,54 - 39,78 = 70,28, кг$$

где α_2 – процент испарившейся влаги за период, $\alpha_2 = 30\%$; Испарившаяся вода:

$$G_{ви} = G_w * \frac{\alpha_2}{100} = 39,78, кг \quad (38)$$

Расчет температуры проводится для определения максимально возможной скорости нагрева (или охлаждения) изделия, определения фактических температур изделия.

Расчет проводится с помощью критериальных уравнений нестационарного теплообмена для периодов подъема температуры и изотермической выдержки. Так как камера работает непрерывно и температура в камере постоянная, следовательно, расчет будет производиться за период изотермической выдержки.

При расчете температуры материала в точке изделия с координатой (x) при его нагреве используют критериальные уравнения нестационарного теплообмена.

Критерий Био:

$$\theta = \frac{(t_c - t)}{(t_c - t_H)} = f(F_o, Bi, \frac{x}{R}) \quad (39)$$

где θ – безразмерная температура; t_c – температура среды в данное время; t – температура материала в точке с координатой x ;

t_n – начальная температура тела; F_o , B_i – временной критерий Фурье, критерий Био;

R –характерный для теплообмена размер ($R = 0,5 \text{ h} = 0,5 * 0,05 = 0,025 \text{ м}$);
Критерий Фурье:

$$F_o = \frac{\alpha * \tau}{R^2} \quad (40)$$
$$F_o = \frac{0.0007 * 7}{0.025^2} = 8,16$$

где τ – время изотермической выдержки, $\tau = 7 \text{ ч}$; α – коэффициент температуропроводности. Коэффициент температуропроводности, учитывающий скорость нагрева материала при прочих равных условиях, определяется:

$$\alpha = \frac{\lambda}{c * \rho} \quad (41)$$
$$\alpha = 1,56 / 0,84 * 2357,8 = 0,0007$$

где λ – теплопроводность материала, Вт/м² · град; c – теплоемкость материала, Дж/кг · град; ρ – плотность материала, кг/м³ .

Критерий Био:

$$B_i = \frac{a * R}{\lambda} \quad (42)$$
$$= 27,9 * 0,025 / 1,56 = 0,44$$

где a – коэффициент теплоотдачи, $a = 27,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$

Безразмерные температуры в центре и на поверхности изделия определяются в зависимости от критериев Био и Фурье по графическим зависимостям, представленным в методическом указании.

– $\theta_y = 0,85$;

– $\theta_n = 0,6$.

Температура поверхности к концу периода:

$$t_n = t_o - \theta_n (t_o - t_{oc}) \quad (43)$$

$$t_n = 75 - 0,6(75 - 20) \\ = 42^\circ\text{C}.$$

где t_o – средняя по времени температура среды за период, $t_o = 75^\circ\text{C}$.

Температура центра изделия в конце периода:

$$t_y = t_o - \theta_y(t_o - t_{oc}) \quad (44) \\ = 75 - 0,85(75 - 20) \\ = 28,25^\circ\text{C}$$

Средняя температура изделия в конце периода:

$$t_c = 0,67 \cdot t_y + 0,33 \cdot t_n \quad (45) \\ = 28,14 + 9,32 = 37,46^\circ\text{C}$$

Фактическая средняя температура изделия:

$$t_{\bar{o}} = t_c \quad (46) \\ = 37,46^\circ\text{C}$$

Теплосодержание сухой части бетонной смеси

$$Q_{1-1} = G_c \cdot c_{\bar{o}} \cdot t_{\bar{o}} \quad (47) \\ Q_{1-1} = 1952,6 \cdot 0,84 \cdot 37,46 = 61736,52, \text{кДж}$$

Теплосодержание влаги в бетонной смеси

$$Q_{1-2} = G_w \cdot c_w \cdot t_{\bar{o}} \quad (48) \\ = 132,6 \cdot 4,19 \cdot 37,46 = 20812,55, \text{кДж}$$

где c_w – теплоемкость воды, $c_w = 4,19$ кДж/кг · град.

Теплосодержание арматуры и закладных деталей:

$$Q_{1-3} = G_a \cdot c_a \cdot t_{\bar{o}} \quad (49) \\ = 31,78 \cdot 0,48 \cdot 37,46 = 571,42, \text{кДж}$$

где c_a – теплоемкость стали, $c_a = 0,48$ кДж/кг · град.

Теплосодержание форм

$$Q_{1-4} = G_M \cdot c_a \cdot t_{из} \quad (50) \\ = 85 \cdot 0,48 \cdot 90 = 3672, \text{кДж}$$

Тепло материалов ограждений:

$$Q_{1-5} = \sum V_{IOGP} \cdot \rho_{IOGP} \cdot c_{IOGP} \cdot t_{IOGP} \quad (51)$$

где $V_{iогр}$ – объем i -го слоя материала ограждения, м³ ; $\rho_{iогр}$ – плотность i -го материала, кг/м³ ; $c_{iогр}$ – удельная теплоемкость i -го материала, кДж/кг · град; $t_{iогр}$ – средняя температура i -го слоя материала, °С.

Необходимо найти температуры для каждого слоя стенки и крышки.

$$Q_{1-5} = V_{стеда} * \rho_{стеда} * c_{стеда} * t_{стеда} + V_{чехла(бок)} * \rho_{чехла(бок)} * c_{чехла(бок)} * t_{чехла(бок)} + V_{чехла(верх)} * \rho_{чехла(верх)} * c_{чехла(верх)} * t_{чехла(верх)} \quad (52)$$

$$Q_{1-5} = 9,95 * 2357,8 * 0,48 * 20 + 0,884 * 2272 * 0,48 * 20 + 0,884 * 2272 * 0,884 * 20 = 64644,94, \text{ кДж}$$

Тепло, вносимое теплоносителем

$$Q_{1-6} = G_1 * i_n \quad (53)$$

$$Q_{1-6} = G_1 \cdot 60,288 \text{ кДж}$$

где G_1 – количество подаваемого теплоносителя в период прогрева, кг; i_n – энтальпия теплоносителя, $i_n = 60,288$ кДж/кг.

i энтальпия паровоздушной смеси равна 990 кДж/кг

Сумма приходных статей:

Расход тепла:

На нагрев сухих материалов

$$Q_{2-1} = Q_{1-1} = 61736,52, \text{ кДж} \quad (54)$$

На нагрев воды в бетонной смеси

$$Q_{2-2} = (G_w - G_{ви} - G_{вз}) * c_w * t_{\sigma} \quad (55)$$

$$= (132,6 - 39,78 - 22,54) * 4,19 * 37,46 = 11024,16 \text{ кДж.}$$

На нагрев арматуры и закладных деталей

$$Q_{2-3} = Q_{1-3} = 571,42, \text{ кДж} \quad (56)$$

На нагрев форм

$$Q_{2-4} = Q_{1-4} = 3672, \text{ кДж} \quad (57)$$

На нагрев материалов ограждений

$$Q_{2-5} = Q_{1-5} = 64644,94, \text{ кДж} \quad (58)$$

Потери тепла в окружающую среду через стенки камеры

$$Q_{2-6} = 3,6 * k * F_H * D_n * (t_{ct} - t_{oc}) \quad (59)$$

$$Q_{2-6} = 3,6 * 0,095 * 46,5 * 7 * (20 - 20) = 0$$

где D_n – время изотермической выдержки, ч; F_H – площадь стен, m^2 ; t_{ct} – температура наружной поверхности стен, $^{\circ}C$; k – коэффициент теплопередачи, $Вт/м^2 \cdot град.$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (60)$$

$$= \frac{1}{5,8 + \frac{0,055}{0,042} + \frac{2 * 0,0025}{56} + 3,33}$$

$$= \frac{1}{5,8 + 1,3 + 0,00008 + 3,33} = 0,095, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$$

Потери тепла через крышку:

$$Q_{2-7} = 3,6 * k * F_{кр} * D_H * (t_{кр} - t_{oc}) \quad (61)$$

$$= 3,6 * 0,095 * 0,0014 * 7 * (37,46 - 20) = 0,05$$

где $F_{кр}$ – площадь крышки, m^2 ; $t_{кр}$ – температура внутренней поверхности крышки, $^{\circ}C$

Потери тепла на испарение части воды затворения:

$$Q_{2-8} = G_{ви} * (r + c_B * t_{\sigma}) \quad (62)$$

$$Q_{2-8} = 39,78 \cdot (1005 + 2,45 \cdot 37,46) = 1501260,2 \text{ кДж}$$

где r – скрытая теплота парообразования, $кДж/кг$; c_B – теплоемкость воздуха, $кДж/кг \cdot град.$

Тепло, уносимое конденсатом

$$Q_{2-9} = G_k * c_k * t_o \quad (63)$$

$$= 1340,75 * 2,45 * 20$$

$$= 65696,75$$

где $G_{пр}$ – потери тепла через неплотности в атмосферу, $G_{пр} = 0,1 \cdot G_1$, кг; $G_{св}$ – масса воздуха, заполняющего свободный объем камеры, кг

$$G_{CB} = \rho_B * (V_K - V_{\sigma k} - V_{\Phi}) \quad (64)$$

$$G_{CB} = 1,22 \cdot (13,3 - 0,884 - 0,01) = 15,1 \text{ кг.}$$

$$G_k = G_1 - 15,1 - 0,1G_1 = 1340,75 \text{ кг.}$$

$$G_1 = (Q_{\text{расх}} - Q_{\text{прих}}) / I = (Q(2-1) + Q(2-2) + Q(2-3) + Q(2-4) + Q(2-5) + Q(2-6) + Q(2-7) + Q(2-8) - Q(1-1) - Q(1-2) - Q(1-3) - Q(1-4) - Q(1-5)) / 990 = \quad (65)$$

$$G_1 = (Q_{\text{расх}} - Q_{\text{прих}}) / I = 1491471.86 / 990 = 1506,5 \text{ кг}$$

где ρ_v – плотность воздуха, кг/м³ ; V_{ϕ} – объем, занимаемый формами, м³ ;
 V_k – рабочий объем камеры, м³ .

$$V_{\phi} = \frac{G_{\phi}}{\rho_{\phi}} * N_2 \quad (66)$$

$$V_{\phi} = \frac{85}{7800} * 1 = 0,01, \text{ м}^3 .$$

где ρ_{ϕ} – плотность стали, кг/м³

Потери тепла с паром, уходящим через неплотности установки:

$$\begin{aligned} Q_{2-10} &= G_{\text{пр}} * c_B * t_o \quad (67) \\ &= 150,65 * 2,45 * 20 \\ &= 7381,85 \end{aligned}$$

Сумма расходных статей:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{р}} = 1491471.86 \quad (68)$$

Удельный расход теплоносителя на тепловую обработку:

$$\begin{aligned} G_{\text{уд}} &= \frac{G_1}{V_{\text{БК}}} \quad (69) \\ &= \frac{1506.53}{0,884} = 1704.2 \end{aligned}$$

Конструкция стенок пропарочной камеры трехслойная и состоит из двух стенок стали и слоя пенополистирола.

6 АВТОМАТИЗАЦИЯ

6.1 Анализ производства и описание процесса автоматизации

Автоматизация технологического процесса – совокупность методов и средств, предназначенная для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять управление самим технологическим процессом без непосредственного участия человека, либо оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений.

На предприятии все оборудование автоматизированно.

В данном разделе дипломного проекта представлена автоматизация процесса тепловой обработки железобетонных труб в термоформе.

Одним из производственных процессов, которые необходимо автоматизировать, является тепловлажностная обработка. Эффективность автоматизации тепловой обработки во многом определяется выбором регулируемого параметра, характеризующего ход процесса ускоренного твердения бетона. Большинство существующих систем автоматического контроля и управления процессами тепловой обработки железобетонных изделий предназначено для регулирования процесса твердения (а также его контроля) по температуре греющей среды в объеме тепловой установки. Практически автоматизация процесса тепловлажностной обработки изделий для установок периодического действия сводится к автоматическому программному регулированию температуры той или иной среды.

Тепловая обработка изделий с помощью предлагаемой формы осуществляется следующим образом. Свежеотформованная труба в форме устанавливается на пост тепловой обработки, где при помощи шлангов, она подключается к трубопроводам пара, конденсата системы гидропрессовки. Затем опрессовывают трубу и в кольцевой коллектор 5 подают пар, который через продольные щели 8 поступает в полость сердечника в виде струй. Струи пара, сталкиваясь с внутренней поверхностью сердечника, меняют свое направление и начинают двигаться вдоль этой поверхности. При этом ликвидируются застойные зоны, между ребрами жесткости, в результате чего резко возрастает коэффициент

теплоотдачи от движущегося в горизонтальной плоскости теплоносителя (на рис. 5.1 показано стрелками) к стенке сердечника, что влечет за собой интенсификацию прогрева бетона трубы и повышение степени равномерности распределения температур бетона по всей высоте трубы.

При автоматизации ТВО необходимо решать следующие задачи:

1) программное регулирование температуры паровоздушной смеси путем соответствующего изменения расхода пара;

3) измерение и регулирование давления пара в паровой магистрали;

4) измерение расхода и количества пара с помощью расходомера и счетчиков.

5) дистанционный контроль температуры в камере;

6) возможность управления процессом ТВО как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Современная система автоматизации ямной камеры рассмотрена

6.2 Функциональная схема.

Автоматизация процесса пропарки изделий производится при помощи установки «Пуск-ЗС».

Автоматическое регулирование процесса термообработки пневматической системой контроля и регулирования. Регулировать параметры при термообработке железобетонных изделий можно пневматической установкой централизованного контроля, автоматического регулирования и дистанционного управления «Пуск-ЗС».

Установка управления «Пуск-ЗС» предназначена для автоматического регулирования процесса термообработки железобетонных изделий в зависимости от заданной программы. Создана она на базе элементов УСЭПА (универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики).

Особенностью установки «Пуск-ЗС» по сравнению с электронной аппаратурой всех типов подобного назначения является простота конструкции и высокая эксплуатационная надежность в условиях большой влажности и запыленности. При этом с обязанностями оператора может успешно справиться проинструктированный рабочий.

Установка «Пуск-ЗС» выполняет следующие функции: ведет автоматическое позиционное регулирование параметра (температуры) по заданной программе; подает индивидуальную сигнализацию при отклонении регулируемого параметра от задания; контролирует за ходом технологического процесса по показывающим приборам (величина параметра, заданий и положение исполнительного механизма) в избранной точке регулирования; регистрирует ход технологического процесса; ведет дистанционное управление исполнительными механизмами с контролем их положений; проводит индивидуальную настройку двух уровней технологических допусков для нормального протекания процесса в зоне; автоматически останавливает процесс при отклонении параметра от заданной нормы с блокированием сигнала автоматической остановки.

Установка «Пуск-ЗС» позволяет осуществлять процесс термообработки как в автоматическом, так и в дистанционном режимах. В последнем случае оператор

управляет исполнительными механизмами, подающими пар, с помощью пневмотумблеров, расположенных на передней панели установки.

Автоматическое программное регулирование режима ведется с помощью программного задатчика. Задатчик снабжен программным диском, конфигурация которого соответствует графику «Время— температура», составленному по программе термообработки. Исполнительными механизмами, обеспечивающими подачу пара, служат регулирующие клапаны с мембранным приводом.

Функциональная схема данной установки представлена на рисунке 23.

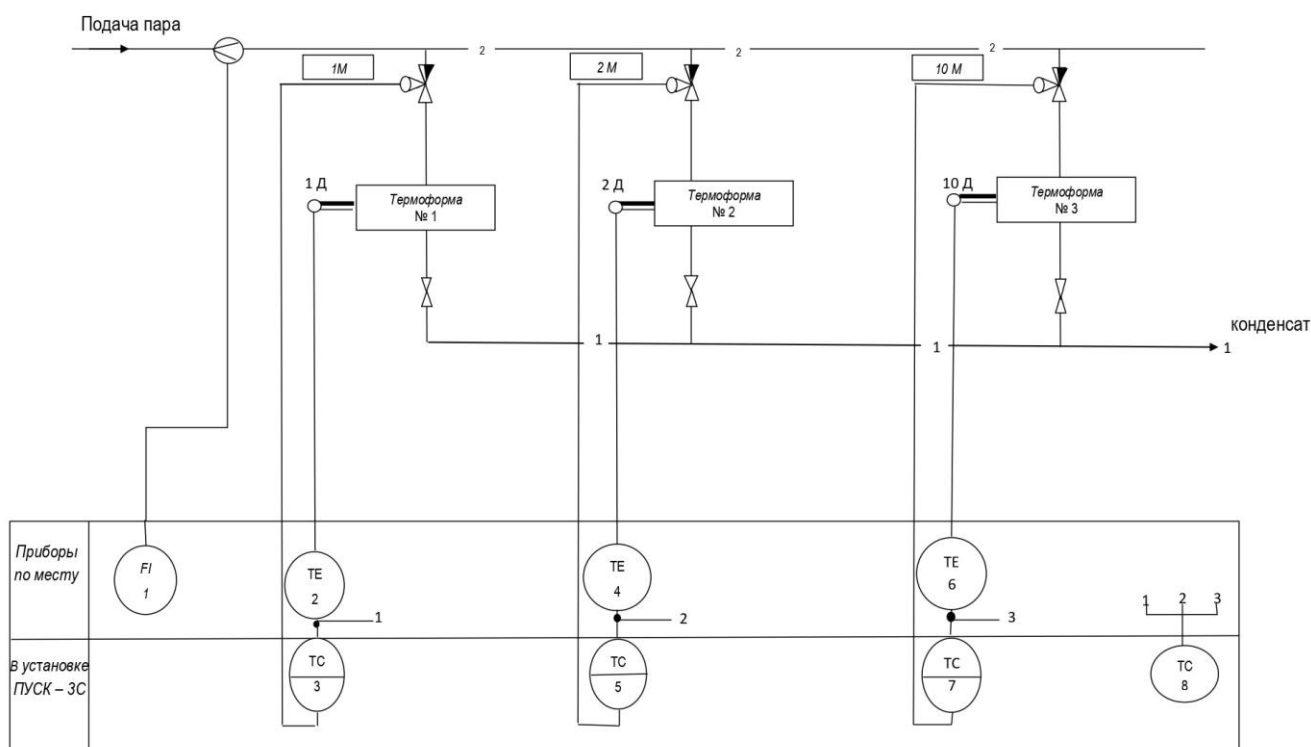


Рисунок 23 –функциональная схема установки «Пуск-3С»

Питание установки «Пуск-3С» осуществляется воздухом, очищенным от влаги, пыли и масла под давлением 3—6 кг/см². Расход сжатого воздуха на каждые 10 регулируемых точек в ней — 6 м³/ч; входной сигнал подается в виде давления сжатого воздуха — в пределах 0,2—1 кг/см², а выходной сигнал изменяется в пределах 0—1,4±0,14 кг/см². Класс точности регулирования установки — 2,5; радиус действия ее равен 300 м при внутреннем диаметре соединительных пневмоприводов 4 мм; площадь, занимаемая установкой, не превышает 10 м².

Структурная схема установки «Пуск-ЗС» изображена на рис. 6.2. Установка включает в себя блоки контроля, обнаружения и сигнализации отклонений БОСО, сигнал оперативного вызова БВ, блок программного задания БПрЗ, позиционные регуляторы БПЗР, блок переключения исполнительных механизмов БПИМ и блок питания.

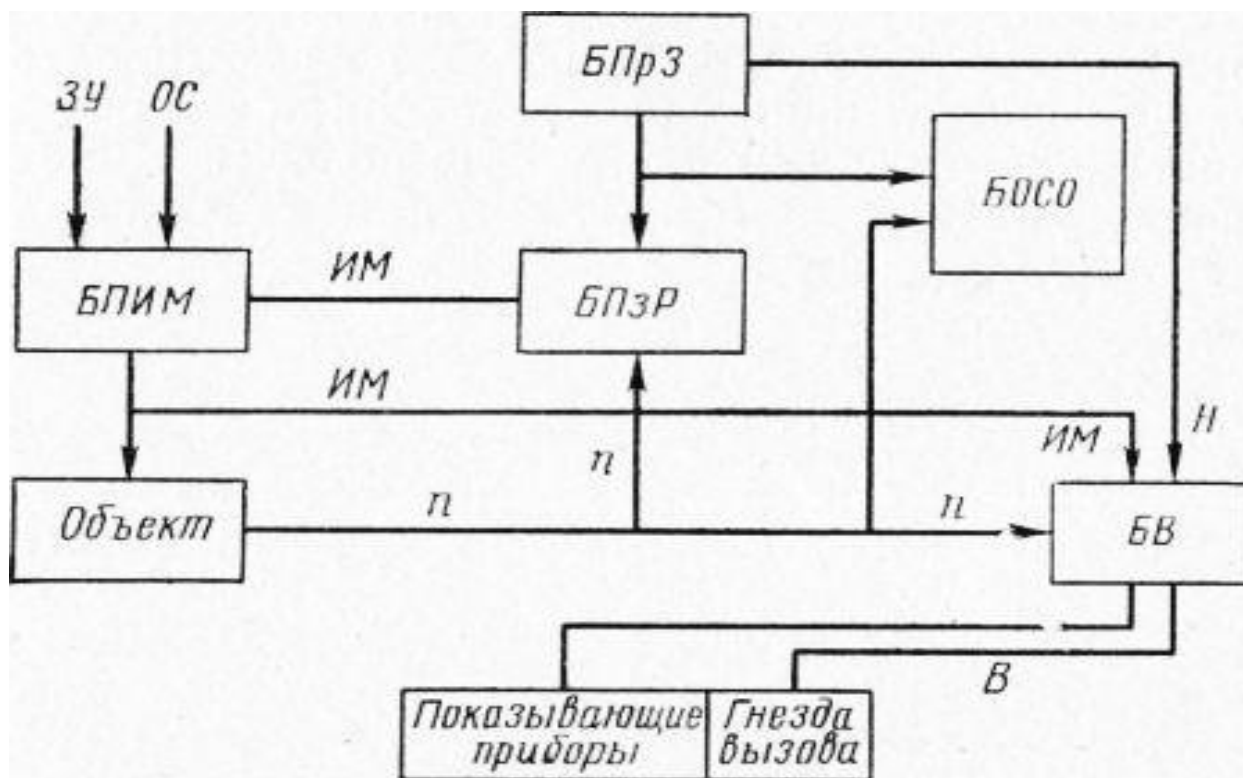


Рисунок 24 – Структурная схема установки «Пуск-ЗС»

Блок переключения исполнительных механизмов подключает линии исполнительного механизма ИМ либо к регулятору, либо к задатчику ручного управления ЗУ. Управляющим сигналом для этого блока служит сигнал оператора ОС.

Блок обнаружения и сигнализации отклонений (выбегов) сравнивает величины параметра, номинала и допустимых норм отклонения, определяет знак и место выбега. Пневматический сигнал преобразуется в электрический и на панели управления загорается сигнальная лампочка соответствующей точки, параметр которой отклонился от нормы. Цвет лампочки соответствует знаку выбега (красный — вверх, зеленый — вниз).

Блок вызова служит для оперативного показа параметра и номинала на вызывающие приборы установки, а также дает информацию о положении исполнительного механизма.

Блок программных задатчиков служит для программного задания регулируемого параметра установки. Включают и отключают программные задатчики этого блока вручную тумблером «Вкл.»— «Выкл.», расположенным на лицевой панели каждого задатчика.

Блок питания обеспечивает установку нужного уровня давления ($P_{пит}=1,4\pm 0,14$ кг/см²).

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1 Анализ вредных производственных факторов

Все работы, связанные с производством сборного железобетона, должны соответствовать требованиям СНиП 12-03-99, а также ведомственным правилам охраны труда и техники безопасности. Способы безопасного производства погрузо-разгрузочных работ и складских операций должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.009.

Противопожарные нормы приведены в СНиП 2.01.02-85. Порядок и способы безопасного производства работ на каждом технологическом посту или при выполнении каждой технологической операции должны быть изложены в технологической карте.

Основными вредными факторами в производстве железобетонных изделий являются шум, вибрация, неблагоприятный микроклимат и производственная пыль, а также такие ингредиенты, как газы, пар, которые еще больше усугубляют вредное воздействие пыли на организм. Для пыли заводов железобетонных изделий характерна высокая дисперсность частиц (70-97,5% пылевых частиц имеют размер до 5 мкм), а также высокое содержание диоксида кремния (от 20 до 70%).

Вредные химические вещества выделяются при использовании синтетических веществ в виде добавок в бетон и смазок форм.

В формовочном цехе пыль выделяется на участке расформовки изделий. Частицы пыли размером 10-30 мкм имеют неправильную овальную форму. Концентрация пыли на участке формовки изделий превышает санитарные нормы в 1,5-3,0 раза из-за неэффективной работы общеобменной вентиляции, отсутствия местных отсосов и пылевакуумной уборки. Кроме того, через неплотности камер и арматуры, а также при разгрузке камер наблюдается повышенное выделение пара, который как в летнее, так и зимнее время оказывает отрицательное воздействие на здоровье работающих, а также на конструкции здания.

При работе вибрационных механизмов шум характеризуется уровнем звукового давления в децибелах, а вибрация – виброскоростью. Звуковое давление

измеряют шумометром на расстоянии 1 м от источника шума и 1.5 м от пола, Состав частот производственного шума определяют с помощью анализатора спектра шума АШ-2Ми др., а амплитуду колебаний в пределах 0,05-1,5 мм в диапазоне частот 15-200 Гц –виброметром ВИП-4.

В помещениях цехов уровень шума на рабочих местах не должен превышать санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Для снижения уровня шума при работе оборудования следует предусматривать мероприятия согласно СНиП П-12-77 "Защита от шума" и ГОСТ 12.1.029. Применяют шумозащитные кожухи, экраны, кабины, наблюдения, глушители аэродинамического шума; обработка стен и потолка звукоизолирующими облицовками. Для индивидуальной защиты применяют наушники различные, вкладыши, шлемы.

В процессе виброформования вибрация легко распространяется по жидкому бетону и упругим средам и может передаваться на рабочие места или через ручной инструмент на руки работающего.

Уровень общей вибрации на рабочих местах при работе технологического оборудования должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.012 и санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Возможно использовать 2 метода для уменьшения вибраций от оборудования:

- 1) уменьшение интенсивности возбуждающих сил в источнике их возникновения;
 - 2) метод ослабления вибрации на пути их распространения через опорные связи от источника к другим машинам и строительным конструкциям.
- Если не удастся выполнить эти методы, то необходимо нанести вибропоглощающие материалы.

Температура, относительная влажность и подвижность воздуха рабочей зоны помещений должна быть в пределах, установленных ГОСТ 12.1.005. Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны должна быть не выше ПДК. Во всех производственных и бытовых помещениях следует устраивать естественную, искусственную или специальную вентиляцию в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05-91, обеспечивающую чистоту воздуха.

Температура нагретых поверхностей оборудования и ограждений тепловых агрегатов на рабочих местах не должна превышать 35°С. На участке тепловой обработки изделий должны предусматриваться мероприятия, исключающие паровыделение и выброс продуктов сгорания в воздух рабочей зоны – герметизация камер, работа их под разрежением, устройство вытяжной вентиляции и др.

Участки чистки, смазки, распалубки, как правило должны иметь ограждения и вытяжную вентиляцию.

Естественное и искусственное освещение в производственных и вспомогательных цехах, в бытовых помещениях, на складе готовой продукции и территории предприятия должно соответствовать требованиям СНиП 23-05-95. Освещение должно быть равномерным. Отраженная блёскость устраняется путем использования матовых поверхностей.

7.2 Мероприятия защиты

При производстве железобетонных изделий следует предусматривать природоохранные мероприятия. Запыленный воздух от технологических и аспирационных систем, расположенных в цехах и помещениях, перед выбросом в атмосферу должен подвергаться очистке от цементной пыли с эффективностью не менее 99 %. Вода, используемая для промывки технологического оборудования и поливки бетона, а также конденсат пропарочных камер и термоформ, должны подвергаться очистке на локальных очистных сооружениях до концентраций, при которых она снова может поступать на технологические нужды для обеспечения бессточного производства. Содержание вредных веществ в выбросах не должно вызывать увеличение их концентрации в атмосфере населенных пунктов и в водоемах санитарно-бытового пользования выше допустимых величин.

Персонал, обслуживающий оборудование и тепловые установки, должен проходить соответствующее обучение.

Правила и нормы по технике безопасности должны быть направлены на защиту организма человека от физических травм, воздействия технических средств. Они регулируют поведение людей, обеспечивающее безопасность труда.

Для борьбы с запыленностью воздуха запроектирована и осуществлена принципиально правильная система приточно-вытяжной вентиляции с отсосами пыли непосредственно от мест выделения и с подачей теплого воздуха в верхнюю зону.

Для борьбы с шумом и пылью существует ряд мероприятий. Для снижения производственного шума вибрационных машин достигается за счет снижения мощности звукового излучения машин, звукоизоляция помещений с источником шума, дистанционное управление шумными агрегатами, создание минимальных допусков у деталей, регулировка машин и механизмов, замена шестеренок на другие зубчатые полимерные материалы, шумящие агрегаты необходимо закрывать звуконепроницаемыми кожухами.

При организации и ведении технологических процессов производства сборных железобетонных и бетонных конструкций и изделий должны быть обеспечены:

- метеорологические условия в рабочей зоне производственных помещений по ГОСТ 12.1.005-76;
- содержание пыли в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-76;
- уровни звукового давления по ГОСТ 12.1.003-83;
- гигиенические нормы вибрации по ГОСТ 12.1.012-78 с изм.

Перед осмотром и ремонтом термоформы они должны быть освобождены от изделий и других посторонних предметов и охлаждены до температуры воздуха не выше 40 °С.

Требования безопасности во время работы.

При приготовлении бетонной смеси с использованием химических добавок для защиты от ожогов кожи и повреждений глаз бетонщику необходимо надевать двухслойные резиновые перчатки и защитные очки.

Чистка и ремонт бетоносмесителя и других машин занятых на бетонных работах, допускается только после отключения от источника питания (снятия напряжения) и вывешивания на рубильник плаката «Не включать работают люди»

При укладке бетонной смеси из бункеров (бадей) расстояние между нижней кромкой бункера (бадьи) и ранее уложенным слоем или поверхностью, на которую укладывают бетонную смесь, должно быть не более 1 м., если иные расстояния не предусмотрены проектом производства работ.

Для предотвращения падения бетонируемых конструкций от воздействия ветра нужно устраивать дополнительные крепления (расчалки, распорки и т.п.).

При уплотнении бетонной смеси электровибраторами бетонщик обязан выполнять следующие требования:

- при перерывах в работе и при переходе в процессе бетонирования с одного места на другое электровибратор необходимо отключать;
- запрещается производство работ вибратором с приставных лестниц;

– электропроводку вибратора следует подвешивать, а не прокладывать по уложенному бетону;

Разборку опалубки следует производить только с разрешения производителя работ. Элементы от разобранной опалубки нужно немедленно опускать на землю, сортировать и складывать в штабеля.

При подаче бетонной смеси по виброходам:

– нужно присоединить звенья виброхоботов к страховочному канату, а вибраторы к хоботу;

– закрепить нижний конец хобота и систематически проверять крепления;

– не допускается пребывание рабочих под виброхоботом во время выгрузки из него бетонной смеси.

При поливке бетона или опалубки бетонщик, работающий с вибратором, не должен допускать на него попадания воды.

Требования безопасности в аварийных ситуациях.

При обрыве проводов, находящихся под напряжением, искрении контактов и неисправности электровибратора следует прекратить работу и немедленно сообщить производителю работ об этом.

При возникновении возгораний и пожаров для тушения пламени необходимо использовать первичные средства пожаротушения, сообщить мастеру, прорабу.

Работа должна быть прекращена во время: ливневого дождя, сильного снегопада, густого тумана, при грозе и ветре более 10 м/с при работе на лесах и на высоте.

О каждом несчастном случае пострадавший или очевидец должен известить мастера и соответствующего руководителя работ.

Требования безопасности по окончании работ.

По окончании работы вибраторы, шланговые провода следует очистить от бетонной смеси и грязи, насухо вытереть, провода сложить в бухты. Очистку

вибратора можно производить только после отключения его от электросети.
Обмывать водой вибраторы не допускается.

Привести в порядок рабочее место, убрать инструмент, средства защиты и приспособления в отведенное для этой цели место.

О всех замечаниях, неисправностях оборудования, оснастки сообщить мастеру или работающему по смене.

Вымыть руки и лицо.

8 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Технико-экономические расчеты для оценки эффективности принятых в проекте технологических решений выполняются в ценах 1985 года. Все значения определяются по нормативам времени и расценкам на изготовление железобетонных конструкций и изделий на заводах сборного железобетона.

При экономической оценке проектных решений определяется заводская себестоимость продукции, которая складывается из стоимости материалов и себестоимости их переработки с учетом затрат на амортизацию здания, спецсооружений и оборудования. Себестоимость 1 м³ изделий подсчитывается:

$$C_H = C_b + \sum C_{ст} + \sum C_a + C_y + C_f + C_o + C_p + C_э + C_{об} + Z + Ц + O, \quad (70)$$

$$C_H = 35 + 13,51 + 5,06 + 1,28 + 2,1 + 2,4 + 1,9 + 0,15 + 1,04 + 0,76 + 7,39 + 1,01 + 62,77 + 47 = 181,47 \text{ руб.}$$

где C_b – себестоимость 1 м³ бетонной смеси, руб., $C_b = 35$ руб. за 1 м³

Для начала определим технико – экономические показатели проектируемого предприятия до реконструкции.

При производстве труб способом вибропрессования используются тепловлажностная обработка для ее осуществления произведем расчет расхода пара на производство.

Прицентрализованной котельне $G = 62,77$, а цена пара на 1 м³ равна 47 рублей. С учетом объема бетона в изделии(0,884).

Следовательно можно рассчитать стоимость электроэнергии на одно изделие.

$$0,884 * 62,77 * 47 = 2607,96$$

V_B – объем бетона в изделии

Себестоимость цемента: на данном предприятии используется Невьянский цемент стоимостью 350 руб/тн

Себестоимость песка: 610 руб/тн

Себестоимость щебня: 499 руб/тн

Затраты на материалы:

$$2042,69 + 549 + 601,05 = 3192,74 \text{ руб}$$

Экономические затраты на одно изделие вместе с ТВО.

$$2607,96+3192,74=5800,43\text{руб}$$

$\Sigma Ц_{ст}$ – суммарная цена всех видов арматурной стали, расходуемой на 1 м^3 изделий, руб., $\Sigma Ц_{ст}=13,51 \text{ р}$

$\Sigma С_{а}$ – суммарные затраты на изготовление ненапрягаемой арматуры на 1 м^3 изделий, руб., $\Sigma С_{а}=5,06 \text{ р}$.

$С_{у}$ – себестоимость укладки ненапрягаемой арматуры в форму на 1 м^3 железобетонных изделий, руб., $С_{у}=1,28 \text{ р}$.

$С_{ф}$ – себестоимость формования 1 м^3 изделий, руб., $С_{ф}=2,1 \text{ р}$.

$С_{о}$ – затраты на содержание и эксплуатацию форм (опалубки), руб. на 1 м^3 бетона конструкций, $С_{о}=2,4 \text{ р}$.

$С_{п}$ – себестоимость пара для тепловлажностной обработки 1 м^3 изделий, руб.. Расход пара на пароразогрев бетонной смеси принимается из расчета $1,5 \text{ кг}$ на 1 м^3 бетонной смеси при нагреве на 1°C , цена 1 т острого пара $6,0 \text{ руб.}$, глухого – $5,5 \text{ руб.}$ $С_{п}=1,9 \text{ р}$.

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

$$С_{э} = Э * Ц_{э} = 6 * 0,025 = 0,15, \quad (72)$$

Удельный расход силовой электроэнергии $Э$ ($\text{кВт} * \text{ч} / \text{м}^3$) определяют исходя из суммарной мощности токоприемников, имеющих на технологической линии и количества часов работы линии в год:

$$Э = 0,3 * F * h * V_p / P = 0,3 * 188 * 23 * 248 / 53618 = 6 \text{ кВт} * \text{ч} / \text{м}^3, \quad (73)$$

где F – суммарная мощность токоприемников (кВт),

h – число рабочих часов в сутки,

V_p – число рабочих суток в году,

P – годовая производительность предприятия, м^3 .

Стоимость электроэнергии $Ц_{э}$ принимается $0,025 \text{ руб.}$ за $1 \text{ кВт} * \text{ч}$.

$С_{об}$ – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.

$$С_{об} = 3,2 * \Sigma A_{об} / P = 3,2 * 19182 / 53618 = 1,14 \quad (74)$$

где $\Sigma\text{Аоб}$ – сумма отчислений на амортизацию технологического и транспортного оборудования формовочного цеха (без форм), руб. Расчет амортизационных отчислений проведены в таблице 14.

Таблица 14 – Амортизационные отчисления на оборудование

Наименование оборудования	Число машин, шт.	Масса 1 шт., т	Общая масса, т	Стоимость, руб.		Норма амортизационных отчислений	
				1 т	Общая	%	Руб.
формы	5	9,7	9,7	-	15 200	15,5	2 356
Бетоноукладчик с ленточным питателем	1	8,5	8,5	-	29600	20	7400
Машина для производства арматурных каркасов	1	17	34	-	24000	17,4	4944
Установка для гидроиспытаний	1	14	14	-	6 550	15,5	1 650
Установка для испытания нагружением	1	9	9	-	4 780	15,5	740
Тележка самоходная	2	3,7	3,7	-	4 820	6,9	333
Распылитель смазки	2	15	30	-	4 300	15,6	35,5
Брезентовый чехол	10			550	5 500	10	550
Траверса - кантователь	1	2,3	2,3	-	410	7,4	30
Автопогрузчик с круглыми захватками	2	-	-	-	50820	6,9	3500
Итого:					145930		21538

Z – полная заработная плата рабочих (руб.) на 1 м³ изделий,

$$Z = 0,76 \text{ руб.}$$

Ц – удельные цеховые расходы (руб.) на 1 м³ изделий для формовочного цеха.

$$Ц = (Дц + 3,5 * Азд + 1,25 * \Sigma Асс) / P + 0,2Z \quad (75)$$

$$Ц = (40749 + 3,5 * 96\,074 + 1,25 * 9\,000) / 53618 + 0,2 * 0,76 = 7,39 \text{ руб.}$$

Дц – годовой фонд заработной платы цехового персонала (руб.) определяется из [22],

$$Дц = 40\,749 \text{ руб.}$$

Азд – сумма отчислений на амортизацию здания и склада готовой продукции, (руб.).

$$Азд = 96\,074 \text{ руб.}$$

Азд определяется из стоимости 1 м² площади основного цеха – 160 руб., склада – 55 руб. и нормативов амортизационных отчислений из [22],

$\Sigma Асс$ – сумма отчислений на амортизацию спецсооружений, руб.,

$$\Sigma Асс = 9\,000 \text{ руб.}$$

r – затраты труда на единицу изготавливаемой продукции в чел·час/м³

$$r = \frac{R * c * h}{P * n_c} \quad (76)$$

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

c – число рабочих суток в году;

h – число рабочих часов в сутки;

P – годовая производительность, м³ ;

n_c – число смен в сутки.

$$r = \frac{17 * 248 * 23}{53618 * 2} = \frac{96968}{107236} = 0,9 \text{ чел * час/м}^3$$

Полная заработная плата на 1 м³ изделий включает в себя:

- дополнительную заработную плату в размере 10 % от основной;
- отчисления на социальное страхование – 6,1 %, от суммы основной и дополнительной заработной платы;
- коэффициент 1,2, учитывающего премии за выполнение плана;

– коэффициент 1,331, учитывающего налоги на заработную плату.

O – общезаводские расходы на 1 м³ продукции.

$$O = \frac{80}{50+P} + 0.3z \quad (77)$$

где P – годовая производительность в тыс. м³

$$O = \frac{80}{50+53,618} + 0,3*0,76 = \frac{80}{103,62} + 0,228 = 1,01$$

Себестоимость изготовления 1 м³ железобетонных изделий:

$$C_H = 181,47 \text{ руб.}$$

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

$$П = C_H + 0,15 * \Sigma K = 181,47 + 0,15 * 17,01 = 3089,36 \text{ руб/м}^3 \quad (78)$$

где ΣK – удельные капиталовложения, руб. (включают в себя стоимость здания, склада готовой продукции, спецсооружений, технологического и транспортного оборудования, форм, отнесенную к 1 м³ изделий).

$$\Sigma K = \frac{414720 + 225775 + 150000 + 81949 + 39536}{53618} = 17,01 \text{ р.}$$

Годовая прибыль предприятия:

$$П_p = (Ц_1 - C_H) * P = (181,47 - 59,70) * 53618 = 6529063,86 \quad (79)$$

где $Ц_1$ – цена 1 м³ железобетонных конструкций, руб.

$$Ц_1 = 59,70 \text{ р/м}^3$$

Срок окупаемости в годах должен быть не более 6,5 лет для рентабельных предприятий и определяется:

Срок окупаемости:

$$T = \frac{P * \Sigma K}{П_p} = \frac{53618 * 17,01}{6529063,86} = 0,14 \text{ года} \quad (80)$$

К спецсооружениям относятся фундаменты под оборудование, рельсовые пути, камеры тепловой обработки с системами теплоснабжения и автоматики, эстакады и т.п. Стоимость спецсооружений при поточно-агрегатном и конвейерном способах производства может быть принята 140...150 тыс. руб., при кассетном – 100 тыс. руб., при стендовом с использованием силовых форм – 70 тыс. руб., несилowych – 150 тыс. руб. Норматив амортизационных отчислений для

спецсооружений при поточно-агрегатном и конвейерном способах производства составляет 6 %, кассетном – 3,7 %, стендовом – 3 % [35].

Таблица 15 – Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Ед. изм.	дипломный проект
Годовой выпуск продукции	м ³	53618
Годовая выработка на одного рабочего	м ³ /чел	2 616
Себестоимость 1 м ³ изделий	руб/м ³	181,47
Приведенные затраты	руб/м ³	3089,36
Прибыль	руб	965782,58
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	0,14

8.1 Сравнение экономической эффективности производственного процесса до и после модификации технологической линии производства железобетонных безнапорных труб.

Перейдём к рассмотрению технико-экономических показателей для производства с введённым улучшением.

Для модернизации предприятия было принято решение перейти на новейшее полностью автоматизированное оборудование. После модернизации было принято решение перейти с тепловлажностной обработки на добавление добавок в виде метаксаолина и микрокремнезема и сухих добавок для ускорения твердения.

C_B – себестоимость приготовления бетонной смеси остается неизменной = 35 руб. за 1 м^3

При производстве труб способом вибропрессования используется арматурный каркас из арматурных стержней В-I диаметром 3 мм, себестоимость которых составляет 258 рублей на 1 тонну стали. Всего такого каркаса 70кг. Для производства труб также используются ускорители твердения

$$\Sigma C_{\text{СТ}} = \frac{70 * 1,04 * 258}{1000 * 0,884} = 21,25 \text{ руб}$$

ΣC_A – суммарные затраты на изготовление спирального каркаса;

$$\Sigma C_A = \frac{V_K}{V_B} * \frac{C_K}{1000} = \frac{70}{0,884} * \frac{103}{1000} = 8,15 \text{ руб} \quad (81)$$

Где V_K – вес спирального каркаса;

C_K – цена 1 т спирального каркаса;

ΣC_H – суммарные затраты на изготовление стержневой арматуры. Трубы данной марки не нуждаются в напрягаемой арматуре, следовательно затрат на изготовление данного вида арматурного каркаса не происходит значит $\Sigma C_H = 0$

C_D – себестоимость изготовления закладных деталей на 1 м^3

$$C_D = \frac{V_D}{V_B} * \frac{C_D}{1000} = \frac{10,4}{0,884} * \frac{77}{1000} = 0,9 \text{ руб} \quad (82)$$

Где V_D – вес закладных деталей;

C_D – цена закладных деталей;

C_y – себестоимость укладки в форму ненапрягаемой арматуры и закладных деталей;

$$C_y = \frac{V_H + V_K}{V_B} * \frac{Ц_y}{1000} = \frac{70 + 10,2}{0,884} * \frac{130}{1000} = 11,79 \text{руб} \quad (83)$$

Где $Ц_y$ – стоимость укладки в форму ненапрягаемой арматуры и закладных деталей;

$C_{НА}$ – стоимость работ по натяжению арматуры. Работы по натяжению арматуры не совершаются. Следовательно, $C_{НА} = 0$

$C_{Ф}$ – себестоимость формования 1 м³ изделий, остается такая же $C_{Ф} = 2,1$

$C_{ЗГ}$ – себестоимость (руб) повышения заводской готовности 1 м³ изделий, затраты на отделку и доводку изделий. В эти расходы входят затраты на укрупнительную сборку. В данном случае укрупнительная сборка отсутствует, значит $C_{ЗГ} = 0$

Расходы на добавки ускорители твердения:

В данном случае на предприятии используют добавку метакаолин в размере 3% составляет 10,5 кг, микрокремнезема 6% составляет 21кг и пластификатор СП-1 в размере 12,8 кг.

Стоимость метакаолина: 18 руб

Стоимость микрокремнезема: 12,50 руб

Стоимость СП – 1: 108 руб/кг

1382+189+262,5=1833,5 руб

Затраты на материалы для производства ЖБИ труб:

2042,69+549+601,05=3192,74 руб

Стоимость всех материалов и добавок укорителей

1833,5+3192,74=5,026 кг

Следовательно стоимость материалов стала ниже после модернизации предприятия и отказа от тепловлажностной обработки.

$C_{Э}$ – себестоимость электроэнергии, расходуемой на 1 м³ изделий, руб.

$$C_{Э} = Э * Ц_{Э} = 6 * 0,025 = 0,15 \quad (84)$$

C_0 – затраты на содержание и эксплуатацию форм на 1 м³ конструкции, $C_0=2,4$ р.

Соб – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.; С_{ОБ} = 1,04 руб

Ц – удельные цеховые расходы на 1 м³ для формовочного цеха.

$$Ц = \frac{Д_{Ц} + 3,5A_{ЗД} + 1,25\sum A_{СС}}{P} + 0,2 * Z, \quad (85)$$

$$Ц = \frac{6000 + 3,5 * 15710 + 1,25 * 0}{53618} + 0,2 * 0,76,$$

$$Ц = 0,3$$

где Д_Ц – годовой фонд заработной платы цехового персонала, Д_Ц = 6000 руб.; А_{ЗД} – сумма отчислений на амортизацию склада готовой продукции, А_{ЗД} = 670 руб.; А_{СС} – сумма отчислений на амортизацию спец. сооружений А_{СС} = 0 руб.; Z – полная заработная плата рабочих на 1 м³ изделий;

О – общезаводские расходы на 1 м³ продукции.

О = 1,01 руб.

Себестоимость изготовления 1 м³ железобетонных изделий:

$$С_{Н} = С_{Б} + \sum Ц_{СТ} + \sum С_{А} + \sum С_{Н} + С_{Д} + С_{У} + С_{ДУ} + С_{НА} + С_{Ф} + С_{О} + С_{П} + С_{ЗГ} + С_{Э} + С_{ОБ} + Z + Ц + О = 35 + 21,25 + 8,15 + 0 + 0,9 + 11,79 + 0 + 2,4 + 1,04 + 0,15 + 0 + 1,9 + 0,76 + 0,3 + 1,01 = 86,75 \text{ руб} \quad (86)$$

Таблица 16 – Амортизационные отчисления на оборудование после модернизации

Наименование оборудования	Число машин, шт.	Стоимость, руб.		Норма амортиза–ционных отчислений	
		1 шт	Общая	%	Руб.
формы	5	3400	15 200	15,5	2 356
Бетоноукладчик с ленточным питателем	1		29600	20	4 940
Машина для производства арматурных каркасов	1	-	36560	27,4	3 028
Правильно отрезной станок	1	-	14650	20	1663
Распылитель смазки	2	1780	3430	15	890
Автопогрузчик с круглыми захватками	1	25410	25410	6,9	5000
Добавки ускорители твердения	3	-	1833,5	10	189
Итого:			126683,5		18066

Удельные капиталовложения, руб.:

$$\sum K = 17,01 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты:

$$П = 86,75 + 0,15 * 17,01 = 1478,17 \text{ руб./м}^3$$

Годовая прибыль предприятия:

$$Пр = (86,75 - 59,70) * 53618 = 1450366,9 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости:

$$T = (53618 * 17,01) / 1450366,9 = 4,1 \text{ года}$$

В таблице технико – экономических показателей указаны все изменения с учетом модернизации предприятия.

Таблица 17 – Техничко-экономические показатели

Наименование показателей	Единица измерения	Базовый вариант	Вариант с модернизацией
Годовой выпуск продукции	м ³	53618	53618
Годовая выработка на одного рабочего	м ³ /чел	2 616	2616
Себестоимость 1 м ³ изделий	руб/м ³	181,47	86,75
Приведенные затраты	руб/м ³	3089,36	1478,17
Прибыль	руб	6529063,86	1450366,9
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	0,14	4,1

В результате модернизации производственного процесса по выпуску вибропрессованных труб Т800 сократилась себестоимость выпуска 1 м³ продукции и срок окупаемости предприятия.

Так как для рентабельных предприятий срок окупаемости должен быть не более 5 лет и в данном проекте он составляет 4,1 года, соответственно данное предприятие можно отнести к рентабельному.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте был разработан проект производства безнапорных железобетонных труб Т800 способом вибропрессования. Принят режим работы технологической линии соответственно 248 суток.

Формование изделий происходит при помощи формовочного оборудования «VARIANT». Тепловая обработка происходит в термоформах. Все оборудование полностью автоматизировано.

В процессе работы так жесоставлены циклограммы которых наглядно показано согласование времени выполнения отдельных операций.

Расчеты уровней механизации и автоматизации показали, что общий уровень механизации производственного процесса составляет 59% (согласно ОНТП 07-85 уровень механизации должен быть не менее 50%), а уровень автоматизации 35% (согласно ОНТП 07-85 не менее 30%). Дальнейшее повышение уровней возможно при использовании более совершенного оборудования, уменьшающего долю ручного труда в общем объеме трудозатрат.

По данным расчета определена потребность производства в бетонной смеси и материала, который определен в соответствии с программой выпуска железобетонных изделий по установленной производительности. Определены параметры складов сырья и готовой продукции.

Из технико-экономической оценки производства железобетонных изделий себестоимость 1 м³ изделия составила 86,75 руб./м³ при цене 1 м³ изделия 59,7 руб./м³. Срок окупаемости вложений – 4,1 лет.

Модернизация технологической линии уменьшает себестоимость 1 м³ изделия и сокращает срок окупаемости предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимов, Б.Я. Технология сборных железобетонных изделий. Учебное пособие. – СПб.: Изд. "Лань", 2014. – 384 с.
2. СНиП 3.09.01–85 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1995. – 44 с.
3. ГОСТ 13015–2012 Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения
4. Рекомендации по технологии формования крупноразмерных сборных железобетонных конструкций для промышленного строительства. – М.: Стройиздат 1979. – 48 с.
5. Трофимов, Б.Я. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. Учебное пособие к практическим занятиям. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998. – 86 с.
6. Пособие по технологии изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций. – М.: НИИЖБ, 1992. – 112 с.
7. Инструкция по технологии приготовления полимербетонов и изделий из них/СН 255–80. – М.: Стройиздат, 1981. – 23 с.
8. Инструкция по технологии изготовления железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов/РСН 311–79. – Киев: НИИСК, 1980. – 212 с.
9. Рекомендации по технологии и организации эффективной работы домостроительного комбината. – Киев: Будивельник, 1979. – 46 с.
10. Чудновский, Д.М. Экономика промышленности сборного железобетона. – М.: Стройиздат, 1977. – 348 с.
11. Экономика производства и применения железобетона. Под ред. В.М. Агаджанова. – М.: Стройиздат, 1976. – 178 с.
12. Стефанов, Б.В., Русанова, Н.Г., Волянский, А.А. Технология бетонных и железобетонных изделий. – Киев, Вища школа, 1982. – 406 с.

13. Баженов, Ю.М., Алимов, Л.А., Воронин, В.В., Магдеев, У.Х. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. Учебное пособие. – М.: Изд.АСВ, 2008. – 350 с.

14. Руководство по определению расчетной стоимости и трудоёмкости изготовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования. Конструкции жилых и общественных зданий. – М.: Стройиздат, 1977. – 81 с.

15. Руководство по определению расчетной стоимости и трудоёмкости изготовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования. Конструкции промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1976. – 81 с.

16. Рекомендации по определению расчетной стоимости и трудоёмкости изготовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования. – М.: Стройиздат, 1987. – 144 с.

17. Нормативы времени и расценки на изготовление железобетонных конструкций и изделий на заводах сборного железобетона. – М.: НИИ труда, 1974. – 85 с.

18. Нормативы времени и расценки на производство железобетонных изделий и конструкций на заводах сборного железобетона кассетным способом. – М.: НИИ труда, 1976. – 82 с.

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

20. Пособие по тепловой обработке сборных железобетонных конструкций и изделий (к СНиП 3.09.01-85) / ВНИИЖелезобетон. – М.: Стройиздат, 1980. – 49 с.

21. Производство сборных железобетонных изделий. Справочник. / под ред. К.В. Михайлова, К.М. Королёва. – М.: Стройиздат, 1989. – 447 с.

22. Борщевский, А.А., Ильин, А.С. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. – М.: Высшая школа, 1987. – 368 с.

23. Строительные машины. Справочник, т.2. Оборудование для производства строительных материалов и изделий. / под общей ред. М.Н. Горовца. М.; Машиностроение, 1991. – 469 с.
24. Машины и оборудование для производства сборного железобетона. Отраслевые каталоги. – М.: Минстройдормаш. – 1983...1991.
25. Справочник инженера технолога предприятий сборного железобетона. / А.П. Волынец, Н.Г. Дьяченко, В.И. Лошанук. – Киев: Будивельник, 1983. – 224 с.
26. Справочник по технологии сборного железобетона. / Под ред. Б.В. Стефанова. – Киев: Вища школа, 1978. – 256 с.
27. Алимов, Л.А., Воронин, В.В. Технология производства неметаллических строительных изделий и конструкций. Учебник. – М.: ИНФРА – М, 2007. – 443 с.
28. Шихненко, И.В. Краткий справочник инженера-технолога по производству железобетона. – Киев: Будивельник, 1974. – 253 с.
29. Якобсон, Я.М., Совалов, И.Г. Краткий справочник по бетону и железобетону. – М.: Стройиздат, 1977. – 329 с.
30. Правила техники безопасности и производственной санитарии в производстве сборных железобетонных и бетонных конструкций и изделий. – М.: Стройиздат, 1988. – 128 с.
31. Рекомендации, по технико-экономической оценке, способов изготовления железобетонных конструкций и изделий. – М.: НИИЖБ, 1988. – 197 с.
32. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. – М.: Стройиздат, 1988. – 151 с.
33. Попов, Л.Н., Ипполитов, Е.Н., Афанасьев, В.Ф. Основы технологического проектирования заводов железобетонных изделий. – М.: Высшая школа, 1988. – 312 с.
34. Дайн, А.И., Миронов, А.А., Цыганков, И.И. Примеры расчетов эффективности производства сборного железобетона. – М.: Стройиздат, 1976. – 175 с.

35. Методическое руководство по составлению типовых технологических карт на заводское производство железобетонных изделий. /ВНИПИ труда в строительстве. – М.: Стройиздат, 1983. – 16 с.

36. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона (ОНТП 07–85) – М.: Минстройматериалов, 1986. – 51 с.

37. Строительные машины. Справочник, т.2. Оборудование для производства строительных материалов и изделий. / под общей ред. М.Н.Горовца. М.; Машиностроение, 1991.-469 с.