

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

ВКР ПРОВЕРЕНА	ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Рецензент	Заведующий кафедрой
/ /	/А.А. Орлов/
« » 2019 г.	« » 2019 г.

**Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе**  
**08.03.01.2019.00.00.ПЗ**  
**Производство виброгидропрессованных труб на предприятии ЖБИ 1**

Руководитель ВКР

/ С.Н. Погорелов /  
« » 2019 г.

Автор ВКР  
Студент группы АС –

/ Д.В. Кодола /  
« » 2019 г.

Нормоконтролёр

/А.А. Курсанова/  
« » 2019 г.

Челябинск  
2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	9
1.1 Основные параметры и разделы .....	9
1.2 Технические требования.....	10
1.3 Комплектность .....	14
1.4 Правила приемки .....	15
1.5 Методы контроля испытаний .....	17
1.6. Маркировка, транспортирование и хранение .....	18
1.7. Расчет состава бетона.....	21
1.8 Разработка структуры производственного процесса.....	26
РАЗДЕЛ 2. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	29
2.1 Описание механического оборудования .....	30
2.2 Расчет бетоноукладчика СМЖ-96Д.....	33
РАЗДЕЛ 3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ .....	39
3.1 Исходные данные .....	39
3.2 Материальный баланс камеры .....	41
3.3 Тепловой баланс камеры .....	42
3.4 Приход тепла.....	44
3.5 Расход тепла:.....	45
РАЗДЕЛ 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	49
4.1 Общие сведения.....	49
РАЗДЕЛ 5. КОМПОНОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ В ЦЕХЕ .....	53
РАЗДЕЛ 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА .....	55
6.1 Выбор способа производства .....	55
6.2 Описание технологического процесса .....	56
6.3 Режим работы предприятия .....	58

6.4 Оптимизация распределения трудовых ресурсов.....	59
6.5 Циклограмма работы машин и технологического оборудования.....	61
6.6 Определение уровня механизации и автоматизации.....	63
РАЗДЕЛ 7. КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ .....	67
РАЗДЕЛ 8. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ .....	71
РАЗДЕЛ 9. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	85
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	86

## ВВЕДЕНИЕ

В 30-е годы прошлого столетия начался резкий рост развития строительства в советском союзе. Для создания новых производств началось освоение ранее не занятых земель. В промышленном масштабе начали появляться градообразующие предприятия, а для сотрудников и их семей строились новые поселения, дороги, коммуникации. Все это порождало спрос на новые, более долговечные и износостойкие для разных сред технологии по выпуску и устройству трубопроводов. Основными задачами при разработке данного вида коммуникаций является повышение качества и в то же время удешевлении материалоемкости и трудовых затрат. Преимущественно трубопроводы монтировали в полевых условия, что осложняло установку, как правило из-за того, что у глинистых грунтов слабое водонасыщение. В городе возникают другие трудности, территория, на которой в результате проведения подземных работ могут возникнуть неравномерные оседания или смещение грунта в основании зданий и сооружений.

Одним из наиболее часто встречающихся на всех видов дорог (жд, авто, пешеходные тоннели) искусственно созданных сооружений являются водопропускные трубы. Они выполняют функцию постоянного протока вод или периодического действия, под асфальтобетонным и земляным полотном дороги. Максимальная пропускная способность таких водопропускных труб до  $100 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Преимуществом труб по сравнению с малыми мостами служит как финансовый аспект, простота конструкций, так и безопасность, ведь непрерывность автомобильных дорог это один из главных факторов способствующих равномерной скорости автомобиля на дороге.

Во всем мире наиболее распространенным материалом для производства дорожных труб является железобетон. Например в Германии доля бетона – железобетона 46%, следом идет керамика 40%. Преимуществом жб труб является: низкая стоимость, быстрота организации

производства, экономия металла, возможность использования местных материалов и долговечность равная 80 годам, когда срок эксплуатации стальных труб 25 – 30 лет. К началу 90-х годов прошлого века производство предварительно напряженных труб достигало отметки в 677 тысяч м<sup>3</sup>, а к началу нового тысячелетия в планах было увеличение до 1500 тысяч м<sup>3</sup> в год, но с развалом советского союза большая часть предприятий осталась в странах СНГ, а те, что остались в нашей стране либо сократили объемы производства, либо вовсе закрылись. Сейчас в РФ производят около 45 тыс м<sup>3</sup> в год. Основной технологией является виброгидропресование, но этот метод требует модернизации. Еще в 80-е годы 20-го века был разработан метод спирально-перекрестного армирования. Он способствовал снижению трудоемкости и материалоемкости труб, убрав тем самым главные недостатки. Этот метод позволяет уйти от использования в производстве наружных форм, тяжелых, трудоемких и материалоемких. Позволяет расширить спектр производства, сделать его более гибким, при небольшом изменении комплектов оборудования станет возможным выпускать напорные, низконапорные и безнапорные двухвтулочные трубы с ненапрягаемой и предварительно напряженной арматурой.

Для нашей огромной страны требуется качественное дорожное покрытие, которое будет служить долгие годы без существенных деформаций. Трубы произведенные по методу виброгидропресования обеспечат долговечность в местах пропуска вод. Из вышеперечисленного следует, что для масштабов нашей страны будет существенная экономия если новые и имеющиеся мощности будут производить свои изделия с использованием спирально-перекрестных арматурных каркасов.

## РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В создании внешних и внутренних систем трубопроводов применяют напорные жб трубы. Они служат для пропуска разных типов вод. Так же используют в системах водообеспечения, в автономном и централизованном теплоснабжении, при проектировании водоотведения, а так же в ливневой канализации. Трубы устанавливают в средах, которые не будут иметь разрушительного воздействия на изделие. Приемлемая температура не вызывающая преждевременного разрушения должна быть не выше сорока градусов. В случае, если 2 вышеупомянутых условия встречаются в месте установки трубопровода, то он должен иметь дополнительную защиту.

Самым распространенным методом производства трубопроводов является виброгидропрессование, дающий ряд преимуществ в сравнении с остальными технологиями производства. ГОСТ 12586.0-83 и ГОСТ 12586.1-83 регулирует технические и эксплуатационные характеристики.

Трубы произведенные методом виброгидропрессования можно получить разной прочности, для этого используют разные сердечники. Материал из чего состоят сердечники это сталь либо полимерные материалы.

ЖБ трубы производят из тяжелых бетонов, высокой прочности и имеют более высокую водонепроницаемость и морозостойкость. Прочность труб позволяет устанавливать и использовать их до нескольких метров под землей.

Напорная железобетонная труба рассчитана на 80 лет эксплуатации. Большим преимуществом этих изделий является повышенная морозостойкость, стойкость к перепадам температур. Так же они лишены активности к воздействию бактерий, что позволяет им после длительного использования сохранить свой внутренний размер.

### 1.1 Основные параметры и разделы

В данный момент принято делить трубы произведенные методом виброгидропрессования на 4 класса:

0 – на 2,0 МПа 20 кгс/см<sup>2</sup>

1 – на 1,5 МПа 15 кгс/см<sup>2</sup>

2 – на 1,0 МПа 10 кгс/см<sup>2</sup>

3 – на 0,5 МПа 5 кгс/см<sup>2</sup>

Это зависит от внутреннего давления в трубопроводе. Согласно ГОСТ 22000 прочность данного изделия позволяет выдерживать при данном давлении внешние нагрузки при правильной установке труб. В зависимости от условий использования и установке их согласно проекту, совместно с заказчиком может быть принято решение о допуске труб первого, второго и третьего классов при условиях превышающие расчетные значения

На чертеже 1 представлена труба ТН-100-3

В ГОСТ 12586-83 даны технические показатели и схема армирования.

Железобетонные трубы армируют проволокой периодического профиля класса Вр-2 в вертикальном направлении. Далее закрепляют спиральный каркас(В-2), витками с разделительными полосами из холоднокатаной ленты.

Если есть риск возникновения электрокоррозии, то производство труб должно сопровождаться электрической перемычкой, это соединение арматуры труб с специальными закладными деталями. ГОСТ 1258683.

Маркировка труб делается по ГОСТ 23009-78. Она представлена в 2-х группах: В первой группе даны название и диаметр, а вторая это класс. Если внутреннее давление трубы будет превышать требованиям ГОСТ 22000, 2-ю группу дополнительно маркируют буквой «У», а с закладными деталями «к».

## 1.2 Технические требования

В ГОСТ 12586.1-83 установлен порядок производства по чертежам. Трубы должны быть изготовлены с полным выполнением технологической документации и общепринятых стандартов.

Трубы 3-го класса должны выдерживать гидростатическое давление: 0,6 МПа кгс/см<sup>2</sup>

Одним из основных требований к трубам является трещиностойкость. При появлении трещин скорость разрушения труб повышается в разы. В таблице 2 указаны испытания внутреннего гидростатического давления при котором появление трещин в изделии недопустимо.

Проверка трещиностойкости труб при внутреннем гидростатическом давлении

Таблица 1. Проверка трещиностойкости труб при внутреннем гидростатическом давлении.

Диаметр условного прохода трубы d, мм	Марка трубы	Контрольное внутреннее гидростатическое давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), при проверке трещиностойкости трубы	
		при приемосдаточных испытаниях (при возрасте бетона 2 сут.)	при возрасте бетона к моменту испытания 100 сут
1000	ТН100–1	2,45 (2,45)	2,35 (24)
	ТН100–2	1,91 (19,5)	1,86 (19)
	ТН100–3	1,37 (14)	1,37 (14)

В условиях влияния на изделие блуждающих токов между изделиями трубами должен быть электрический контакт.

Трубы должны удовлетворять требованиям ГОСТ 13015.0-83:

- по показателям фактической прочности бетона (в проектном возрасте, передаточной);
- к качеству арматурных и закладных изделий и их положению в трубе;
- к защите от коррозии.

Трубы следует изготавливать из тяжелого бетона по ГОСТ 26633-85 классов по прочности на сжатие:

В30 – трубы марок ТН50-3 и ТН60-3;

В40 – трубы остальных марок.

В частности, для труб ТН100-3 используется бетон класса В40, в количестве 1,42 м<sup>3</sup> на изготовление одного изделия. [1]

Значения нормируемой передаточной прочности бетона труб (прочности бетона к моменту передачи на него усилия обжатия от спиральной арматуры) должны соответствовать указанным в таблице 2.

Таблица 2. Нормируемая передаточная прочность бетона

Диаметр условного прохода трубы d, мм	Вид контролируемой прочности бетона	Нормируемая передаточная прочность бетона, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), трубы класса			
		0	I	II	III
800, 1000	На сжатие	-	-	31,4 (320)	25,5 (260)
	На растяжение при раскалывании	-	2,9 (30)	-	-

Прежде чем поставить трубы заказчику они должны пройти испытания на водонепроницаемость и водостойкость.

При производстве бетонной смеси для труб, качество материалов должно соответствовать выполнению технических требований к бетону, заведенных принятым стандартам и требованиям:

– вода – ГОСТ 23732-79.

– заполнители – ГОСТ 10268-80, ГОСТ8267-82, ГОСТ 10260-82 и ГОСТ 8736-85;

– цемент - ГОСТ 10178-85;

Крупный заполнитель должен быть - от 5 до 10 мм; от 5 до 15мм; св. 10 до 20 мм.

Проволка арматурная должна соответствовать классам:

– В-2 и Вр-2 по ГОСТ7348-81;

– В-1и Вр-1 по ГОСТ6727-80

Для разделительных полос лента холоднокатаная, стальная из низкоуглеродистой стали должна соответствовать требованиям ГОСТ503-81.

В ГОСТ 12586.1-83 даны форма и размеры для арматуры и закладных изделий и они должны соответствовать этому ГОСТ.

Схема армирования изделия показана на рисунке 1.

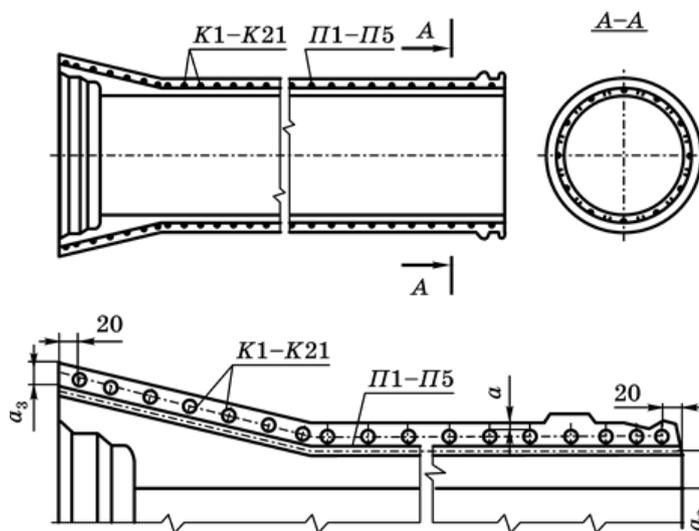


Рисунок 1 – Схема армирования изделия.

Размеры армирования для труб ТН100-3:  $a_1 = 19$  мм;  $a_2 = 49,5$  мм;  $a_3 = 22$  мм.

Продольная арматура и спиральный каркас для ТН100-3 показаны на рисунке 2

- 1 шт каркаса марки К12
- 24 продольных стержня марки П2

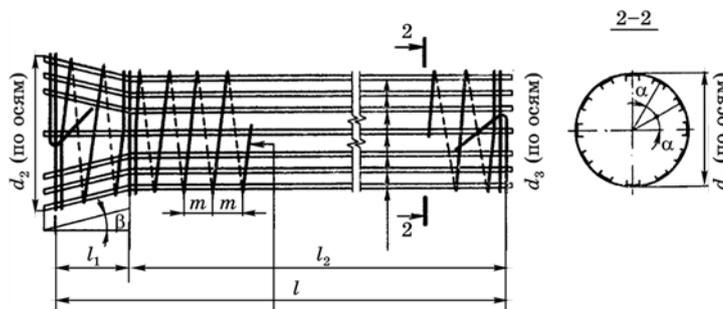


Рисунок 2 – Продольная арматура и спиральный каркас

Выборка стали на 1 трубу:

- Сталь арматурная по ГОСТ 7348;

а) Вр-2 Ø 5 мм - 19,2 кг;

б) Вр-2 Ø 4 мм - 82,8 кг;

– Прокатная сталь с сечением 20 x 0,7 мм – 10,4 кг по ГОСТ 503

Всего стали на 1 трубу нужно 111,4 кг

Защитный слой у бетона труб должен составлять не меньше 15 мм.

Снаружи и внутри изделия должны быть цельными, без сколов, наплывов и трещин. В местах соединения труб размер раковины не должен превышать 3 мм, а глубина не более 2-х, раковины на остальной внешней части до 10 мм, а глубина до 2х мм. наплывы и сколы бетона ребер на торцевых поверхностях труб высотой (глубиной) более 5 мм; следы (риски) шириной и глубиной более 1,5 мм на стыковой поверхности раструба от шлифовального инструмента; более трех раковин на площади 0,01 м<sup>2</sup> (100 x 100 мм) на любом участке стыковой поверхности.

Трубы не должны иметь отслоений наружного защитного слоя бетона. Отслоения защитного слоя бетона размерами в кольцевом и продольном направлениях трубы, не превышающими значения 0,4d, допускается устранять с применением материалов, предохраняющих арматуру от коррозии.

Концы продольной напрягаемой арматуры труб не должны выступать из бетона и должны быть вместе с прилегающими участками поверхности бетона покрыты цементно-казеиновой обмазкой толщиной 0,5 - 0,6 мм. Состав обмазки по массе 1:0,05:0,4 (цемент, казеиновый клей, вода). Допускается применять обмазки из других нетоксичных материалов, обеспечивающих коррозионную и механическую стойкость покрытия.

## 1.2 Комплектность

Предприятие-изготовитель обязано поставлять потребителю трубы комплектно с уплотняющими резиновыми кольцами (одно кольцо на одну трубу), изготовленными по техническим условиям и имеющими паспорта-сертификаты. Размеры уплотняющих колец в нерастянутом состоянии должны соответствовать указанным в ГОСТ 22000-76.

По требованию потребителя предприятие-изготовитель обязано поставлять дополнительные уплотняющие резиновые кольца в количестве, согласованном между ними.

#### 1.4 Правила приемки

Приемку труб следует производить партиями в соответствии с требованиями ГОСТ 13015.1-81 и настоящего стандарта. Число труб в партии должно быть не более 100.

Трубы принимают:

– по результатам периодических испытаний - по показателям шероховатости внутренней поверхности труб;

– по результатам приемосдаточных испытаний - по показателям водонепроницаемости и трещиностойкости труб, наличия закладных изделий и электрического контакта между ними, прочности бетона (классу по прочности на сжатие, передаточной прочности), соответствия арматурных и закладных изделий требованиям ГОСТ12586.1-83, точности геометрических параметров, толщины и отслоения защитного слоя бетона, качества поверхности труб.

Приемку труб по их водонепроницаемости, наличию закладных изделий и электрического контакта между ними, по отклонению от внутреннего диаметра раструба труб, качеству внутренней поверхности раструба и наружной поверхности втулочного конца труб, по наличию трещин на бетонных поверхностях, отслоения наружного защитного слоя бетона и антикоррозионной защиты концов продольной напрягаемой арматуры, а также правильности нанесения маркировочных надписей и знаков следует проводить по результатам сплошного контроля.

Трубы считают выдержавшими испытание на водонепроницаемость, если к моменту его окончания на поверхности труб не будет обнаружена фильтрация воды в виде влажных пятен, капли или течи.

Испытанию на трещиностойкость следует подвергать одну трубу от партии. Трубы партии считают выдержавшими испытание на трещиностойкость, если к моменту его окончания контрольная труба удовлетворяет требованию в таблице 2. Наличие фильтрации воды в виде влажных пятен или капли по превышении испытательного давления на водонепроницаемость не является основанием для браковки труб при испытании их на трещиностойкость. Трубы, не выдержавшие испытание на водонепроницаемость и трещиностойкость, могут быть подвергнуты повторному испытанию. Повторное испытание труб на водонепроницаемость проводят через 7 суток после первого испытания при хранении труб во влажных условиях или через 2 сут - при пропитке труб жидким стеклом или композициями на его основе. От партии, не выдержавшей испытания на трещиностойкость, отбирают для повторных испытаний две трубы, ранее не подвергавшиеся проверке.

Если трубы 0, 1 и 2 классов при повторных испытаниях на водонепроницаемость или трещиностойкость не удовлетворяют требованиям настоящего стандарта по этим показателям, то они могут быть перемаркированы с переводом на один класс ниже.

Трубы считают выдержавшими испытание по наличию электрического контакта между закладными изделиями, если значение сопротивления цепи не превышает 1 Ом. Трубы, не имеющие электрического контакта между закладными изделиями, допускается поставлять как трубы без закладных изделий.

Наличие отслоения наружного защитного слоя бетона устанавливают по глухому звуку при ударе молотком по поверхности трубы.

Испытания на шероховатость внутренней поверхности труб проводят перед началом их массового изготовления и в дальнейшем при изменении вида заполнителя, конструкции резинового чехла и марки пластифицирующих добавок, но не реже одного раза в 6 мес. Испытанию следует подвергать две трубы каждого диаметра. [3]

## 1.5 Методы контроля испытаний

Гидростатические испытания труб на водонепроницаемость и трещиностойкость следует проводить после двухсуточной выдержки их в цехе.

Значение испытательного давления определяют с помощью манометра, имеющего II класс точности и цену деления не более 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>).

Гидростатические испытания труб проводят по следующему режиму. Трубы испытывают путем повышения давления на 0,1 - 0,25 МПа (1 - 2,5 кгс/см<sup>2</sup>) в минуту до значений, указанных в технических требованиях, выдерживают под испытательным давлением в течение 5 мин. При испытании труб на трещиностойкость допускается падение давления не более 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>). Допускается применение ультразвукового метода контроля и оценки трещиностойкости труб по ГОСТ 24983.

Контроль наличия электрического контакта между закладными изделиями трубы проводят при помощи омметра с ценой деления не более 0,5 Ом.

Прочность бетона труб следует определять по ГОСТ 10180-78 на серии образцов-кубов с ребром 100 мм, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава и твердевших в условиях согласно ГОСТ 18105-86. Прочность бетона на сжатие следует определять испытанием вибрированных образцов, а на растяжение при раскалывании испытанием образцов, изготовленных вибрированием и последующим прессованием под давлением 0,2 МПа (2кгс/см<sup>2</sup>).

Толщину защитного слоя бетона в трубах определяют при помощи электромагнитного прибора типа ИЗС по ГОСТ 22904-76 или другими методами, обеспечивающими необходимую точность измерения. При отсутствии приборов допускается определять толщину защитного слоя бетона путем отбивки его в трех местах трубы: в середине раструба, в месте перехода от раструба к цилиндрической части трубы и во втулочном конце трубы на расстоянии 300 мм от торца. Отбивку защитного слоя в каждом из

указанных мест производят по наружному диаметру не менее чем в трех точках (через 120°) с последующей обязательной заделкой отбитых мест раствором состава по массе 1:2,5:0,4 (цемент, песок, вода).

Качество защитного слоя бетона в трубах определяют путем тщательного простукивания наружной поверхности труб молотком массой 250 г.

Размеры труб и качество их поверхностей должны контролироваться согласно ГОСТ 13015-75 и настоящему стандарту. Для контроля геометрических размеров труб следует применять стандартный измерительный инструмент или специальные приспособления, обеспечивающие необходимую точность измерения и аттестованные органами метрологической службы. Проверку размеров труб проводят следующим образом:

- толщину стенок измеряют штангенциркулем или другими приспособлениями в четырех точках в середине между швами по двум взаимно перпендикулярным диаметрам на расстоянии 300 мм от втулочного торца трубы;
- наружный диаметр втулочного конца трубы и буртика измеряют калибрами с промером по двум взаимно перпендикулярным диаметрам;
- внутренний диаметр калиброванной части раструба измеряют нутромером или штангенциркулем по двум взаимно перпендикулярным диаметрам в точках, отстоящих на расстояниях 40, 80 и 110 мм от торца трубы;
- внутренний диаметр трубы измеряют нутромером по двум взаимно перпендикулярным диаметрам на расстоянии 500 мм от ее торцов. [6]

#### 1.6. Маркировка, транспортирование и хранение

Маркировка труб – по ГОСТ 13015.2-81. Маркировочные надписи и знаки следует наносить на наружной поверхности раструба каждой трубы. Требования к документу о качестве труб, поставляемых потребителю, по ГОСТ 13015.3-81. В документе о качестве труб следует дополнительно

приводить значения параметров шероховатости внутренней поверхности труб, а также марку уплотняющих резиновых колец и обозначение технических условий на эти кольца.

Трубы перемещают с помощью траверс, не допускающих повреждения труб. Перекатка труб допускается только по каткам, укладываемым с таким расчетом, чтобы трубы не опирались раструбами и втулочными концами на катки или пол. Трубы следует хранить на складе готовой продукции в штабелях рассортированными по маркам. Число рядов труб по высоте должно быть не более указанного в таблице 4.

Таблица 3 – Число рядов труб по высоте

Диаметр условного прохода трубы d, мм	Число рядов труб по высоте
От 500 до 1000 включительно	4
1200	3
1400 и 1600	2

Под каждый нижний ряд труб штабеля должны быть уложены две подкладки на расстоянии 1 м от торцов труб. Конструкция подкладки не должна позволять раскатываться первому ряду труб. Подкладки устанавливают параллельно под цилиндрическую часть труб. На месте постоянного складирования труб подкладки следует закреплять на площадке. Трубы в рядах укладывают так, чтобы раструбы двух рядом лежащих труб были обращены в разные стороны. Трубы каждого последующего ряда располагают по длине перпендикулярно к предыдущему ряду.

При погрузке труб на транспортные средства и их выгрузке должны соблюдаться меры предосторожности, исключающие возможность повреждения труб. Автомобили или железнодорожные платформы, предназначенные для перевозки труб, должны иметь седлообразные подкладки, исключающие возможность смещения и соприкосновения труб.

При выполнении погрузочно-разгрузочных работ с трубами не допускаются:

- применение цепей и тросов с узлами или выступами, которые могут повредить бетон;
- переноска труб при закреплении троса в одной плоскости или путем пропуска его через трубу, а также с помощью крючков, зацепляемых за концы трубы;
- перемещение труб по земле волочением;
- разгрузка труб со свободным падением;
- свободное (без торможения) перекачивание труб по наклонным плоскостям;
- перемещение труб без катков или без подкладок.

Таблица 4 – Общие показатели железобетона изделия

Тип или марка изделия	Характеристики бетона				Объем бетона м <sup>3</sup>	Расход арматуры, кг			Масса изделия, т
	$V_{сж}$	$R_{расп}$ , МПа	W	F		Напрягаемой	Ненапрягаемой	всего	
ТН100-3	0	28	10	200	1,42	101	10,4	111,4	3,55

В производстве железобетонных напорных труб методом виброгидропрессования наиболее трудоемки и многodelьны операции связанные с продольным армированием. На них приходится более 10% всех трудозатрат по изготовлению трубы. Кроме того, с точки зрения экономики, вспомогательные материалы, необходимые при арматурных работах с продольным армированием приводят к лишним затратам на анкерные, захватные, фиксирующие втулки, кислород, ацетилен или бензин, парафин и др.

Эти недостатки исключаются при использовании спирально-перекрестного каркаса. Сущность метода спирально-перекрестного армирования состоит в том, что спиральный каркас и продольную напряженную арматуру заменяют одним спирально-перекрестным арматурным каркасом, состоящим из ряда спиралей, навиваемых непрерывно

в обоих направлениях с большим шагом. Такой каркас позволяет значительно уменьшить трудозатраты при выполнении арматурных работ и операций по сборке и разборке формы и распалубке трубы, а так же сократить число станков и ряд других устройств и приспособлений. [7]

Если из арматурного каркаса, представленного выше, исключить стержни продольной арматуры марки П2 в количестве 24штук, то это, в добавок, позволит уменьшить массу необходимой арматуры.

Тогда на одну трубу потребуется:

- Арматурная сталь по гост 7348: Б-2 Ø 3мм – 81,8 кг
- Сталь прокатная по ГОСТ 503: сечение 20 x 0,7 мм – 10, 4 кг.

Итого количество стали на одну трубу составит 92,2 кг.

Так же изменятся общие показатели железобетона для производства одной трубы.

Таблица 5 – Общие показатели железобетона изделия при армировании спирально-перекрестным каркасом

Тип или марка изделия	Характеристики бетона				Объем бетона, м <sup>3</sup>	Расход арматуры, кг			Масса изделия, т
	V <sub>сж</sub>	R <sub>расп</sub> , МПа	W	F		Напрягаемой	Ненапрягаемой	всего	
ТН100-3	0	8	0	200	1,42	101,0	10,4	111,4	3,6

## 1.7. Расчет состава бетона

### 1.7.1 Средний уровень прочности

В зависимости от V<sub>п</sub> = 8 % средний уровень прочности определяется по формуле:

$$R_y = R_t \cdot K_{мп} = B_H \cdot K_T \cdot K_{мп} \quad (1)$$

Где R<sub>t</sub> – требуемая прочность, МПа;

B<sub>H</sub> – нормируемая по классам прочность, (38 МПа);

K<sub>T</sub>, – коэффициент требуемой прочности, K<sub>T</sub> = 1,09;

$K_{мп}$  – коэффициент, зависящий от среднего за анализируемый период коэффициента вариации  $V_{п}$  ( $K_{мп} = 1,07$ ).

$$R_y = 38 \cdot 1,09 \cdot 1,07 = 44,3 \text{ МПа}$$

### 1.7.2 Цементно – водное соотношение (Ц/В)

$(Ц/В)_1$ , обеспечивающее средний уровень прочности бетона в возрасте 28 суток нормального твердения:

$$Ц/В_1 = \frac{(R_y - 0,06R_{ц} + 10)}{(0,24R_{ц} + 10)}, \quad (2)$$

где  $R_{ц}$  – предел прочности цемента при сжатии в возрасте 28 суток, МПа.

По ГОСТ 10178-85 для ПЦ 500 Д-0 принимаем  $R_{ц} = 49,0$  МПа.

$$Ц/В_1 = \frac{(44,3 - 0,06 \cdot 49,0 + 10)}{(0,24 \cdot 49,0 + 10)} = 51,36/21,76 = 2,3$$

Получение среднего уровня прочности бетона после ТВО обеспечивается по величине  $(Ц/В)_2$

$$Ц/В_2 = \frac{(R_y \cdot 0,7 + 0,37R_{цп} + 3,22)}{(0,43R_{цп} + 5,6)}, \quad (3)$$

Где  $R_{цп}$  – предел прочности при сжатии после пропаривания, МПа. Согласно ГОСТ 10178-85 для ПЦ 1 группы  $R_{цп} = 32$  МПа

$$Ц/В_2 = \frac{(44,3 - 0,7 + 0,37 \cdot 32 + 3,22)}{(0,43 \cdot 32 + 5,6)} = 2,4$$

Из двух значений Ц/В, выбираем большее ( $Ц/В_2 = 2,4$ ) и принимаем его для подбора начального состава бетона .

Так как бетон для производства виброгидропресованных труб нормируется по водонепроницаемости, существует необходимость введения воздухововлекающих добавок. При воздухововлечении 4% принятая величина Ц/В увеличивается на 0,02. [18]

$$Ц/В = 2,4 + 0,02 = 2,42$$

### 1.7.3. Расход воды.

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

При проектируемой подвижности бетонной смеси, соответствующей осадке конуса 1 – 4 см и наибольшей крупности щебня 10 мм расход воды составляет 200 л на 1 м<sup>3</sup>. Так как В/Ц не менее 1,25 и не более 2,5 расход воды не изменяется. В качестве мелкого заполнителя используется песок Мк = 2,0 – расход воды не изменяется.

$V = 200$  л на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси.

### 1.7.4. Расход цемента.

Расход цемента, кг на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, в начальном составе бетона рассчитываются:

$$C_p = C/V, \quad (4)$$

$$C_p = 200 \cdot 2,42 = 484 \text{ кг}$$

Полученный расчетом расход цемента  $C_p$  сравниваем с минимально допустимым по ГОСТ 26633-91  $C_{\min} = 220$  кг и с элементными нормами расхода  $C_э$ , приведенными в СНиП 82-02-95. При этом должно выполняться условие

$$C_{\min} \leq C_p \leq C_э$$
$$C_э = C_б \cdot K, \quad (5)$$

Где  $C_б$  – базовые нормы расхода цемента, кг;

$K$  – корректирующий коэффициент.

$C_б = 580$  кг для бетона класса В40 и отпускной прочностью 70 %

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_i, \quad (6)$$

$K_1 = 0,92$  для бетонов класса В30 и более отпускной прочности 70 – 80 %.

$K_2 = 1,05$  для цементов с плотностью 27 – 30 %

$K_3 = 1$  для цементов 2 группы эффективности при пропаривании;

- $K_4 = 1$  для бетона на щебне;
- $K_5 = 1,07$  при наибольшей крупности заполнителя 10 мм;
- $K_6 = 1$  для щебня с содержанием зерен лещадной и угловатой формы 25 – 35%;
- $K_7 = 1$  для бетона с использованием песка  $M_k = 2,5$ ;
- $K_8 = 1$  при использовании в качестве мелкого заполнителя природных песков;
- $K_9 = 1$  для бетонных смесей с ОК 1 – 4 см;
- $K_{10} = 1$  при использовании бетонной смеси температурой до 25 °С;
- $K_{11} = 1,08$  при изготовлении преднапряженных железобетонных конструкций.

$$K = 0,92 \cdot 1,05 \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 1,12$$

$$C_3 = 580 \cdot 1,12 = 649,6$$

$$220 \leq 484 \leq 649,6$$

#### 1.7.5 Расход добавок.

Расчетный расход цемента находится в пределах допустимых значений, но для обеспечения повышенной коррозионной стойкости рекомендуется вводить в бетонную смесь добавку микрокремнезём. Она позволяет снизить количество необходимого цемента на 20 % без потери прочностных характеристик, но при этом количество необходимой воды затворения увеличивается до 25 %. Благодаря этой добавке у изделий снижается водопроницаемость до 50 % и повышается сульфатостойкость. Так же у изделий появляется стойкость к истиранию.

Для снижения водопотребности и сохранения подвижности бетонной смеси необходимо совместно с микрокремнезёмом вводить добавку пластификатор.

Эти две добавки хорошо сочетаются друг с другом, так как пластификатор тормозит схватывание, а микрокремнезём ускоряет.

Введём в бетонную смесь следующие добавки:

- Пластификатор Glenium 505 в количестве 1,2 % от массы цемента;

– Микрокремнезём МК-65 в количестве 10 % от массы цемента.

Тогда масса добавок:

$$Д = 484 \cdot 0,112 = 54,2 \text{ кг}$$

Масса цемента

$$Ц = 484 \cdot 0,8 = 387,2 \text{ кг}$$

В нашем случае используется цемент, содержащий 10 % микрокремнезёма, тогда:

$$Ц = 387,2 + 0,1 \cdot 387,2 = 387,2 + 38,2 = 425,4 \text{ кг}$$

Количество воды уменьшается, в связи с добавлением пластификатора, значительно уменьшающего расход воды затворения. [9]

$$В = 200 \cdot 0,8 = 160 \text{ кг}$$

$$\text{Цементно – водное отношение (Ц/В)} = 2,6$$

#### 1.7.6 Определение необходимого объема заполнителей.

Так как была использована воздухововлекающая добавка, обеспечивающая в бетонной смеси 40л (4 %) равномерно распределенных пузырьков воздуха объем бетонной смеси составит  $1000 \text{ л} - 40 \text{ л} = 960 \text{ л}$

Тогда абсолютный объем заполнителя будет

$$V_3 = 960 - \frac{H}{\rho_4} - \frac{V}{\rho_v} - \frac{D}{\rho_d} \quad (7)$$

$$V_3 = 960 - 425,4/3,1 - 160/1 - 54,2/1,006 = 608,9 \text{ м}^3$$

#### 1.7.7 Расчет количества крупного и мелкого заполнителя

Так как НК щебня 10 мм, расход цемента 425,4 кг доля песка рассчитывается методом интерполяции исходя из значений  $r$  для НК щебня.

$r = 0,38$ . При  $M_k$  песка 2,5 его доля увеличивается

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

Количество мелкого заполнителя (песка):

$$608,9 \cdot 0,383 \cdot 2,65 = 618 \text{ кг}$$

Количество крупного заполнителя (щебня):

$$608,9 \cdot 0,617 \cdot 2,7 = 1014,4 \text{ кг}$$

1.1.8 Расход материалов по массе на  $1 \text{ м}^3$  уложенной и уплотненной бетонной смеси.

- Цемент 425,4 кг
- Песок 618 кг
- Щебень 1014,4 кг
- Вода 160 кг
- Добавки 54,2 кг

В виде отношения по массе между цементом, песком, крупным заполнителем (принимая расход цемента за единицу), при Ц/В = 2,6

$$\text{Ц/Ц} : \text{П/Ц} : \text{Щ/Ц} = 1 : 1,4 : 2,4$$

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

$$\rho = \text{Ц} + \text{П} + \text{Щ} + \text{В} + \text{Д} \quad (8)$$

$$\rho = 425,4 + 618 + 1014,4 + 160 + 54,2 = 2272 \text{ кг/м}^3$$

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

## 1.8 Разработка структуры производственного процесса

Технологические процессы производства труб: распалубка, подготовка форм, армирование, формование, тепловая обработка, приёмка и комплектация, доводка и складирование, отпуск потребителям.

Процесс распалубки состоит из следующих операций: кантование и разборка наружной формы, снятие и очистка нижнего раструбного кольца, съём пружинных болтов и верхней полуформы краном, съём верхнего уплотнительного и калибрующего колец, извлечение трубы из формы и доводка трубы.

Для осуществления ТВО предусматриваем специальные посты опрессовки и тепловой обработки. На эти посты форма с трубой переносится мостовым краном. Сердечник формы присоединяется к системам низкого и высокого давления, через которые вода поступает под резиновый чехол. Общая длительность повышения давления составляет примерно 30 мин, при

этом отжимается до 10 – 13 % воды из бетонной смеси. Во время процесса гидропрессования происходит натяжение спирально-перекрестного каркаса. Величина давления на каркас определяется по сжатию пружин тарированных пружинных болтов. Они состоят из штока и набора тарельчатых пружин. В результате давления пружины болтов сжимаются на 15 – 17 мм по каждому разъему, создавая при этом давление на бетон, уплотняющее защитный слой. После достижения заданного давления прессования трубы (2,84 – 3,43 МПа) на форму надевают брезентовый чехол и подают пар во внутреннюю полость сердечника и под чехол, температура тепловой обработки 80 – 90 °С, длительность 7 часов. По окончании тепловой обработки за 10 мин снижают давление гидропрессования и отводят воду из-под резинового чехла, снимают брезентовый чехол. Управление теплотехническим процессом - автоматическое. Сердечник формы подключается к вакуумной установке, из внутренней полости удаляются остатки воды, и создается вакуум для отлипания резинового чехла от поверхности трубы. Затем наружная обечайка с трубой снимается с сердечника и транспортируется на пост распалубки.

Для раскручивания замков форм принимаются электрические гайковёрты.

Для транспортирования готовых изделий на склад готовой продукции и отправки форм на ремонт используется мостовой кран.

Процесс подготовки форм включает в себя чистку, смазку и сборку формы.

Смазка на форму наносится с помощью распылителя.

Для приготовления эмульсии предусматриваем автоматизированное отделение по приготовлению жидких химических добавок бетона и раствора.

Очистка секций формы, калибрующего, уплотнительного и раструбного кольца осуществляется вручную. Сбор отходов в контейнер.

Процесс армирования включает в себя навивку спирально-перекрестных каркасов, установка их в формы, фиксацию арматурного каркаса, путём его крепления к кольцевому упору калибрующего кольца. Это

позволяет зафиксировать каркас во втулочной части. Для фиксации каркаса в нижней части трубы закрепляют разрезную обойму, которая благодаря упору входит во взаимодействие с раструбным кольцом и фиксирует спирально-перекрестный каркас в раструбной части. Заканчивается процесс армирования соединением секций пружинными болтами.

Транспортирование пространственных каркасов на пост сборки обечайки осуществляется мостовым краном. Далее форма вместе со спиральным каркасом перемещается на кантователь, где принимает из горизонтального положения вертикальное, и дальше отправляется на пост комплектации. На посту комплектации наружная обечайка и спирально-перекрестный каркас одеваются на сердечник. Потом собранная форма перемещается на пост формования.

Процесс формования включает в себя: перенос формы в сборе мостовым краном на пост бетонирования труб, где она доукомплектовывается тремя навесными вибраторами и загрузочным конусом.

Отделка отформованных изделий включает в себя ремонт сколов и при необходимости затирка поверхности.

Завершается технологический процесс шлифовкой раструбов и их гидроиспытаниями. [17]

## РАЗДЕЛ 2. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

На рассматриваемой технологической линии установлено механическое оборудование, представленное в таблице 6

Таблица 6 – Механическое оборудование

п/п	Наименование оборудования	Индекс	Количество,шт	Мощность,кВт
1	Установка автоматическая для штамповки полос	СМЖ-94	1	-
2	Станок для изготовления спиральных каркасов	РТ-195	4	-
3	Траверса для снятия армату-рного каркаса	СМЖ-372	1	-
4	Траверса для установки арматурного каркаса	СМЖ-374	1	-
5	Установка для приготовления эмульсионной смазки	СМЖ-18Б	1	-
6	Гайковерт пневматический	ИП-3205Б	16	-
7	Приспособление для вулканизации резиновых чехлов	6873/24АЭ	2	0,16
9	Установка для вулканизации раструбообразователей	7715/1	1	32
10	Приспособление для съема и натяжения резинового чехла и раструба	6873/18БЭ	1	-
11	Форма для труб	СМЖ-89Д-01	38	-
12	Бетоноукладчик	СМЖ-96Д	2	5,46
14	Конус загрузочный	6873/40БЭ	6	-
15	Вибратор пневматический	ВП-5А	18	-
16	Приспособления крепежные для форм	6873/17АЭ	10	-
17	Установка гидропрессования	6873/21СА (УГП- 38)	2	38
18	Регулятор высокого давления	РДЖТ-1, кат. 2	10	-
19	Установка вакуумная	УВ-0,5/0,25-85	2	1,7
20	Чехол для пропарки	6873/44АЭ	10	-
21	Траверса поста распалубки	СМЖ-378	0	-
22	Захват автоматический	СМЖ-102А	2	-
23	Траверса со стропами	СМЖ-379	1	-
24	Машина для шлифовки раструбов	СМЖ-540А	2	45,55
25	Установка для гидроиспытания труб	СМЖ-97А	2	17,1
26	Шаблон для измерения раструбного конца труб	6873/49АЭ	1	-

## 2.1 Описание механического оборудования

### 2.1.1 Загрузочный конус 6873/40БЭ

Загрузочный конус предназначен для равномерного распределения бетонной смеси по форме во время ее загрузки бетоноукладчиком при изготовлении напорных труб.

Корпус конуса из сварной листовой стали. На нижней части корпуса закрепляется пневматический вибратор С-870, действие которого аналогично действию пневматического вибратора ВП-5. Для удобства обслуживания на корпусе имеются рукоятки.

Загрузочный конус устанавливают на верхнюю часть формы перед ее загрузкой бетонной смесью и включают пневматический вибратор. Бетонная смесь, равномерно выдаваемая бетоноукладчиком, попадает на воронку загрузочного конуса и побуждаемая пневмовибратором равномерно распределяется по его периметру, стекая в форму.

### 2.1.2 Установка высокого давления 6873/21СА

Установка высокого давления предназначена для подачи воды в полость внутреннего сердечника формы и резиновым чехлом при изготовлении напорных труб.

Установка состоит из двух баллонов высокого давления, двух насосов, двух электроконтактных манометров и компрессорной установки.

Давление в баллонах и резервуаре создается компрессором и насосами. При достижении заданного давления компрессор и насосы автоматически выключаются с помощью электроконтактных манометров. Постоянное давление, необходимое для опрессовки трубы, поддерживается регулятором высокого давления РДЖТ-1, автоматически регулирующим давление воды.

### 2.1.3 Регулятор давления РДЖТ-1

Регулятор давления типа РДЖТ-1 предназначен для автоматического регулирования давления воды при изготовлении напорных труб.

Регулятор давления конструктивно выполнен в виде совокупности узлов, смонтированных на щите. Основным узлом регулятора является

стабилизатор давления, расположенный в центре щита. Слева и справа от стабилизатора крепятся на щите три запорных клапана: клапан «слив» для прямого дренажа из формы для изготовления трубы; клапан «наполнение» для прямой подачи воды в форму и клапан «питание», через который подводится давление к регулятору.

В верхней части щита устанавливается манометр, входящий в комплект регулятора и контролирующий давление в форме.

Сзади на щите ниже клапана «питание» крепится фильтр для очистки воды, поступающей к регулятору. Регулятор подсоединяется к гидравлической системе, к форме, на слив и к установке высокого давления 6873/21СА.

Давление в форме регулируется стабилизатором. Принцип его работы основан на сравнении усилий настроечной пружины и измерительного элемента (мембраны), который воспринимает давление регулируемой среды. Эти усилия сравниваются на коромысле, опирающемся на ножевую опору. Полость измерительной мембраны, питание которой осуществляется через постоянный дроссель, подсоединяется к форме с отформованной трубой. Давление в этой полости определяется величиной слива через сопло. Выходное отверстие сопла прикрывается шариком, на который воздействует нижний конец коромысла. При отклонении давления воды в форме от заданной величины изменяется усилие, развиваемое измерительной мембраной, вследствие чего поворачивается коромысло на ножевой опоре. При этом изменяется положение шарика относительно сопла, приводящее к восстановлению заданного значения давления вследствие изменения величины расхода через сопло.

#### 2.1.4 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.

Бетоноукладчик СМЖ-96Д состоит из бетоноукладчика СМЖ – 96Е и самоходной тележки СМЖ – 96 Д.01.00.000 для передвижения. Бетоноукладчик СМЖ–96Е применяется для замены бетоноукладчика СМЖ–96А на действующих заводах, там, где габариты существующих строений не позволяют устанавливать бетоноукладчик СМЖ–96Д.

Бетоноукладчик СМЖ-96Е состоит из бункера с опорной рамой, ленточного питателя с приводом, привода передвижения и шкафа с электрооборудованием.

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.

Натяжение цепи от привода к питателю осуществляется натяжной звездочкой, натяжение цепи от привода к приводному скату — перемещением самого привода.

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.

Для обслуживания бункера предусмотрена площадка со шкафом электрооборудования. Управление бетоноукладчиком осуществляется с подвесного пульта.

При необходимости увеличения вместимости бункера предусмотрена возможность наращивания его высоты специальной рамкой.

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.

Самоходная тележка позволяет бетоноукладчику СМЖ-96Е перемещаться на ней вдоль оси питателя, а сама тележка перемещается по рельсам вместе с бетоноукладчиком в направлении, перпендикулярном оси питателя. [5] [11]

На раме самоходной тележки размещены привод для ее передвижения и рельсовый путь для бетоноукладчика СМЖ-96Е.

Таблица 7 – Технические характеристики бетоноукладчика СМЖ-96Д

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	4,4
Вместимость бункера с надставкой, м <sup>3</sup>	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

## 2.2 Расчет бетоноукладчика СМЖ-96Д

2.2.1 Определение производительности бетоноукладчика при заполнении формы смесью

$$P_v = 60 \frac{V_{\text{изд}} \cdot Z_{\text{изд}} \cdot K_p \cdot K_{\text{изд}}}{T_{\text{ц}}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (9)$$

где  $V_{\text{изд}}$  – объем изделия,  $\text{м}^3$  ;

$Z_{\text{изд}}$  – количество одновременно формуемых изделий, шт,  $Z_{\text{изд}} = 1 - 2$ ;

$k_{\text{р}}$  – коэффициент разрыхления смеси,  $k_{\text{р}} = 1,12 - 1,2$ ;

$k_{\text{в}}$  – коэффициент использования машины по времени,  $k_{\text{в}} = 0,85 - 0,95$ ;

$T_{\text{ц}}$  – продолжительности цикла укладки смеси в формы, мин

$$P_{\text{в}} = 60 \frac{1,42 \cdot 2 \cdot 1,16 \cdot 0,9}{T_{\text{ц}}} = \frac{177,9}{40,7} = 4,4 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{Н}} + T_{\text{П}} + T_{\text{У}} + T_{\text{В}}, \text{ мин}, \quad (10)$$

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

$T_{\text{Н}}$  – продолжительность наполнения бункера укладчика смесью, мин

$$T_{\text{Н}} = \frac{V_{\text{Бв}} \cdot K_{\text{У}} \cdot K_{\text{П}}}{P_{\text{ЛП}}}, \text{ мин, где} \quad (11)$$

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

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

$$V_{\text{Б}} = \frac{V_{\text{изд}}}{0,8}, \text{ м}^3 \quad (12)$$

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

$K_{\text{У}}$  – коэффициент уплотнения смеси,  $K_{\text{У}} = 1,12 - 1,2$ ;

$K_{\text{П}}$  – коэффициент, учитывающий потери смеси при загрузке в бункер,

$$K_{\text{П}} = 1,01;$$

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

$T_{\text{П}}$  – продолжительность передвижения укладчика со смесью к форме,

мин

$$T_{\text{П}} = \frac{l}{60v_{\text{укл}}}, \text{ мин} \quad (13)$$

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

$l$  – расстояние от загрузочного конвейера до поста формирования (укладки) смеси, м;

$v_{\text{укл}}$  – скорость передвижения укладчика, м/с;

$T_{\text{У}}$  – продолжительность укладки смеси в форму, мин

$l_{\Phi}$  – максимальная длина формы, м;

$l_{\text{укл}}$  – база бетоноукладчика, м;

$n_{\text{пр}}$  – количество проходов бетоноукладчика при укладке бетонной смеси,

$$n_{\text{пр}} = 2 - 3;$$

$T_{\text{в}}$  – продолжительность перемещения укладчика в исходное положение подзагрузку, мин

$$T_{\text{в}} = T_{\text{н}}, \text{ мин.}$$

2.2.2 Определение мощности, необходимой для передвижения бетоноукладчика

$$N_{\text{Б}} = \frac{W \cdot u_{\text{укл}}}{1000\eta} = \frac{(P_{\text{к}} + P_{\text{б}}) \cdot \beta \cdot u_{\text{укл}} \cdot \left(\frac{2\mu}{D} + \frac{f \cdot d}{D}\right)}{1000\eta}, \text{ кВт}, \quad (16)$$

Где  $w$  – сила сопротивления передвижения бетоноукладчика, Н;

$\eta$  – КПД привода,  $\eta = 0,8 - 0,9$ ;

$P_{\text{к}}$  – сила давления от массы конструкции бетоноукладчика, Н;

$P_{\text{б}}$  – сила давления от бетонной смеси в бункерах, Н;

$\mu$  – коэффициент качения ходовых колес, м,  $\mu = 0,0008 - 0,001$  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;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий трение реборд колес о рельсовый путь,

$\beta = 2,5 - 3$ .

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

2.2.3 Определение мощности привода ленточного питателя бетоноукладчика

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta_1} \cdot m, \text{ кВт}, \quad (17)$$

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

где  $m$  – коэффициент запаса мощности,  $m = 1,1 - 1,3$ ;

$m$  – КПД передачи привода, 1120,8 – 0,85;

$\eta_1$  – мощность, расходуемая на преодоление трения бетонной смеси о бор-

$N_1$  – мощность, расходуемая на преодоление трения бетонной смеси о борта, кВт

$$N_1 = \frac{W_1 \cdot U_{\text{лп}}}{1000}, \text{ кВт} \quad (18)$$

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

$W_1$  – сила трения бетона о борта питателя, Н;

$$W_1 = 20K_1 \cdot P_1, \text{ Н}, \quad (19)$$

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

$K_1$  – коэффициент трения бетона по стали, 1920,8;

$P_1$  – сила бокового давления бетона на борта, Н;

$$P_1 = F_1 \cdot q_1, \text{ Н}, \quad (20)$$

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

$F_1$  – площадь 1 борта, м<sup>2</sup>

$$F_1 = h \cdot L_{\text{Б}} \text{ м}^2 \quad (21)$$

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

$L_{\text{Б}}$  – длина бортов, м;

$h$  – высота бортов, м;

$q_1$  – давление бетонной смеси на борта, Па;

$$q_1 = h \cdot \rho \cdot \text{®}, \text{ Па} \quad (22)$$

$$q_1 = 0,11 \cdot 2300 \cdot 0,6 = 151,8$$

$\rho$  – плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>;

$\text{®}$  – коэффициент подвижности бетонной смеси,  $\text{®} = 0,6 - 0,7$ ;

$u_{\text{лп}}$  – скорость движения ленточного питателя, м/с;  $N_2$  – мощность для преодоления трения ленты питателя поддерживающий металлический лист, кВт

$$N_2 = \frac{W_2 \cdot U_{\text{лп}}}{1000}, \quad (23)$$

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

$W_2$  – сила трения ленты о поддерживающий лист, Н;

$$W_2 = 10k_2 \cdot P_2, \text{ Н}; \quad (24)$$

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

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

$P_2$  – сила активного давления бетона на ленту, Н.

$$P_2 = F_2 \cdot q_2, \text{ Н} \quad (25)$$

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

$F_2$  – площадь активного давления,  $\text{м}^2$

$$F_2 = b \cdot L, \text{ м}^2 \quad (26)$$

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

$b$  – ширина отверстия бункера, м;

$$b = 0,8b_{\text{ЛП}}, \text{ м},$$

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

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

$L$  – длина отверстия бункера, м;

$$L = 0,4L_{\text{ЛП}}, \text{ м}, \quad (28)$$

$$L = 0,4 \cdot 2,86 = 1,144 \text{ м}$$

$L_{\text{ЛП}}$  – длина ленточного питателя, м;

$q_2$  – давление бетонной смеси, Па

$$q_2 = \frac{p \cdot R}{F_1} \cdot \text{®}, \text{ Па} \quad (29)$$

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

$R$  – гидравлический радиус выпускного отверстия бункера, м,  $R = 0,74 \text{ м}$ ;

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

$N_3$  – мощность, требуемая для транспортирования бетонной смеси на ленте, кВт

$$N_3 = \frac{W_3 \cdot u_{\text{ЛП}}}{1000}, \text{ кВт}, \quad (30)$$

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

где  $W_3$  – сила сопротивления перемещению бетонной смеси на ленте, Н

$$W_3 = 10b_{\text{лп}} \cdot h \cdot L_{\text{лп}} \cdot p \cdot k_3, \text{ Н}, \quad (31)$$

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

$k_3$  – приведенный коэффициент сопротивления роликоопор ленты питателя,  $k_3 = 0,035 - 0,04$ .

### РАЗДЕЛ 3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Для осуществления ТВО предусматриваем специальные посты опрессовки и тепловой обработки. На эти посты форма с трубой переносится мостовым краном. Сердечник формы присоединяется к системам низкого и высокого давления, через которые вода поступает под резиновый чехол. Общая длительность повышения давления составляет примерно 30 мин, при этом отжимается до 10 - 13 % воды из бетонной смеси. После достижения заданного давления прессования трубы (2,84 - 3,43 МПа) на форму надевают брезентовый чехол и подают пар во внутреннюю полость сердечника и под чехол, температура тепловой обработки 90-95 °С, длительность 7 ч.

По окончании тепловой обработки за 10 мин снижают давление гидропрессования и отводят воду из-под резинового чехла, снимают брезентовый чехол. Управление теплотехническим процессом - автоматическое. Сердечник формы подключается к вакуумной установке, из внутренней полости удаляются остатки воды, и создается вакуум для отлипания резинового чехла от поверхности трубы.

#### 3.1 Исходные данные

Вид изделия – Виброгидропрессованная железобетонная преднапряженная труба; [15]

Геометрические параметры изделия:

- длина  $l_{\phi} = 1,384$  м;
- ширина  $b_{\phi} = 1,384$  м;
- высота  $h_{\phi} = 5,195$  м;

Масса изделия  $G_{и} = 3530$  кг;

Объем бетона в изделии  $V_{б} = 1,42$  м<sup>3</sup>;

Объем одного изделия  $V_{и} = 9,95$  м<sup>3</sup>;

Расход арматуры на 1 м<sup>3</sup> бетона  $G_{аб} = 64,9$  кг;

Расход арматуры на одно изделие  $G_{а} = 92,2$  кг;

В/Ц = 2,6;

Марка цемента: М500;

Класс бетона: В40;

Масса бетона в изделии  $G_6 = 3258,19$  кг;

Плотность бетонной смеси:

$$\rho = G_{ц} + G_{п} + G_{щ} + G_6 + G_д \quad (32)$$

$$\rho = 425,4 + 618 + 1014,4 + 160 + 54,2 = 2272 \text{ кг/м}^3$$

Расход материалов на  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси:

– Цемент 425,4 кг

– Песок 618 кг

– Щебень 1014,4 кг

– Вода 160 кг

– Добавки 54,2 кг

Вес сухих веществ на  $1 \text{ м}^3$   $G_{сб} = 2106,2$  кг;

Вес сухих веществ на изделие:

$$G_{с1} = G_{сб} - V_6 \quad (33)$$

$$G_{с1} = 2106,2 \cdot 1,42 = 2990,8 \text{ кг}$$

Количество воды, вступившее в реакцию с вяжущим:

$$G_{вс} = G_c \cdot a_1, \quad (34)$$

где  $a_1$  - степень гидратации, для ПЦ  $a_1 = 0,17$ ;

$$G_{вс} = 160 \cdot 0,17 = 27,2 \text{ кг};$$

Масса формы  $G_ф = 85$  кг;

Геометрические размеры формы:

– длина  $l_ф = 1,485$  м;

– ширина  $b_ф = 1,485$  м;

– высота  $h_ф = 6$  м;

Внутренние размеры камеры:

– длина  $l_к = 1,893$  м;

– ширина  $b_к = 1,893$  м;

– высота  $h_к = 6000$  м;

Температура загружаемых изделий  $t_0 = 20$  °С;

Температура окружающей среды  $t_{oc} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

Температура изотермической выдержки  $t_{из} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

Температура изделий при выгрузке из камеры  $t_{ох} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

Удельная теплоемкость бетона  $c_б = 0,84 \text{ кДж/кг }^\circ\text{C}$ ;

Коэффициенты:

– теплопроводности бетона  $\lambda_б = 1,56 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$ ;

– температуропроводности бетона  $a_б = 27,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ ;

Прочность бетона после ТВО  $R_{ТВО} = 28 \text{ МПа}$ .

### 3.2 Материальный баланс камеры

Поступает в камеру:

– сухих веществ:

$$G_C = V_{бк} \cdot G_{с1} \quad (35)$$

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

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

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

$$V_{бк} = 1 \cdot 1,42 = 1,42 \text{ м}^3$$

$$G_C = 1,42 \cdot 2990,8 = 4246,9 \text{ кг.}$$

– воды:

$$G_W = V_{бк} \cdot G_B \quad (37)$$

$$G_W = 1,42 \cdot 160 = 227,2 \text{ кг.}$$

– металла форм:

$$G_M = N_2 \cdot G_\phi, \quad (38)$$

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

$$G_M = 1 \cdot 85 = 85 \text{ кг}$$

– арматуры и закладных деталей:

$$G_{ар} = G_{аб} \cdot V_{бк} \quad (39)$$

$$G_{ар} = 64,9 \cdot 1,42 = 92,2 \text{ кг.}$$

Выгружается из камеры:

– сухого бетона:

$$G_{б0} = G_C + G_{вг}, \quad (40)$$

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

$$G_{\text{вг}} = G_{\text{вс}} \cdot V_{\text{бк}} \quad (41)$$

$$G_{\text{вг}} = 27,2 \cdot 1,42 = 38,6 \text{ кг}$$

$$G_{\text{б0}} = 4246,9 + 38,6 = 4285,5 \text{ кг}$$

– остаточная влага изделий:

$$G_{\text{вост}} = G_{\text{w}} - G_{\text{вг}} - G_{\text{w}} \cdot a_2/100, \quad (42)$$

где  $a_2$  – процент испарившейся влаги за период,  $a_2 = 30\%$ ;

Испарившаяся вода:

$$G_{\text{ви}} = G_{\text{w}} \cdot a_2/100 = 227,2 \cdot 30/100 = 68,2 \text{ кг}$$

$$G_{\text{вост}} = 227,2 - 38,6 - 68,2 = 120,4 \text{ кг}$$

### 3.3 Тепловой баланс камеры

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:

$$\theta = \frac{(t_c - t)}{t_c - t_h} = f(F_o, Bi, \frac{x}{R}) \quad (43)$$

где  $\theta$  – безразмерная температура;

$t_c$  – температура среды в данное время;

$t$  – температура материала в точке с координатой  $x$ ;

$t_h$  – начальная температура тела;

$F_o, Bi$  – временной критерий Фурье, критерий Био;

$K$  – характерный для теплообмена размер ( $R = 0,5 \cdot h = 0,5 \cdot 0,075 = 0,0375$  м); Критерий Фурье:

$$F_o = \frac{a \cdot \tau}{R^2} \quad (44)$$

где  $\tau$  – время выдержки,  $\tau = 7$  ч;

$a$  – коэффициент температуропроводности.

Коэффициент температуропроводности, учитывающий скорость нагрева материала при прочих равных условиях, определяется:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (45)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность материала, Вт/м<sup>2</sup> · град;

$c$  – теплоемкость материала, Дж/кг · град;

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

$$a = \frac{1,56}{840 \cdot 2272} = 1,56/1927380 = 0,0000008$$

$$F_o = \frac{0,0000008 \cdot 7 \cdot 3600}{0,0375} = 0,54$$

Критерий Био:

$$Bi = \frac{a \cdot R}{\lambda} \quad (46)$$

где  $a$  – коэффициент теплоотдачи,  $a = 27,9$  Вт/м<sup>2</sup> · град.

$$Bi = \frac{27,9 \cdot 0,0375}{1,56} = 0,67$$

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

$$- \text{©}_{ц} = 0,85;$$

$$- \text{©}_{п} = 0,6.$$

Температура поверхности к концу периода:

$$t_n = t_o - \text{©}_{п}(t_o - t_{oc}), \quad (47)$$

где  $t_o$  – средняя по времени температура среды за период,  $t_o = 75$  °С.

$t_n = 75 - 0,6(75 - 20) = 42$ °С Температура центра изделия в конце периода:

$$t_{ц} = t_o - \textcircled{C}_{ц}(t_o - t_{oc}) \quad (48)$$

$$t_{ц} = 75 - 0,85(75 - 20) = 28,25^{\circ}\text{C}$$

Средняя температура изделия в конце периода:

$$t_c = 0,67 \cdot t_{ц} + 0,33 \cdot t_n \quad (49)$$

$$t_c = 0,67 \cdot 28,5 + 0,33 \cdot 42 = 32,9^{\circ}\text{C}$$

Фактическая средняя температура изделия:

$$t_6 = t_c = 32,9^{\circ}\text{C}$$

### 3.4 Приход тепла

#### 3.4.1 Теплосодержание сухой части бетонной смеси

$$Q_{1-1} = G_c \cdot c_6 \cdot t_6 \quad (50)$$

$$Q_{1-1} = 424690 \cdot 0,84 \cdot 32,9 = 11736732,84 \text{ кДж.}$$

#### 3.4.2 Теплосодержание влаги в бетонной смеси

$$Q_{1-2} = G_w \cdot c_w \cdot t_b \quad (51)$$

где  $c_w$  – теплоемкость воды,  $c_w = 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град.}$

$$Q_{1-2} = 227,2 \cdot 4,19 \cdot 32,9 = 31319,7 \text{ кДж.}$$

#### 3.4.3 Теплосодержание арматуры и закладных деталей:

$$Q_{1-3} = G_a \cdot c_a \cdot t_b, \quad (52)$$

где  $c_a$  – теплоемкость стали,  $c_a = 0,48 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град.}$

$$Q_{1-3} = 92,2 \cdot 0,48 \cdot 32,9 = 1456 \text{ кДж}$$

#### 3.4.4 Теплосодержание форм

$$Q_{1-4} = G_m \cdot c_a \cdot t_{из} \quad (53)$$

$$Q_{1-4} = 85 \cdot 0,48 \cdot 90 = 3672 \text{ кДж.}$$

#### 3.4.5 Тепло материалов ограждений:

$$Q_{1-5} = \Sigma V_{iогр} \cdot \rho_{iогр} \cdot c_{iогр} \cdot t_{iогр} \quad (54)$$

где  $V_{iогр}$  – объем 1-го слоя материала ограждения,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_{iогр}$  – плотность 1-го материала,  $\text{кг/м}^3$ ;

$c_{iогр}$  – удельная теплоемкость 1-го материала,  $\text{кДж/кг} \cdot \text{град.}$ ;

$t_{iогр}$  – средняя температура 1-го слоя материала,  $^{\circ}\text{C}$ .

Необходимо найти температуры для каждого слоя стенки и крышки.

$$Q_{1-5} = V_{\text{стенда}} \cdot \rho_{\text{стенда}} \cdot c_{\text{стенда}} \cdot t_{\text{стенда}} + V_{\text{чехла(бок)}} \cdot \rho_{\text{чехла(бок)}} \cdot c_{\text{чехла(бок)}} \cdot t_{\text{чехла(бок)}} + V_{\text{чехла(верх)}} \cdot \rho_{\text{чехла(верх)}} \cdot c_{\text{чехла(верх)}} \cdot t_{\text{чехла(верх)}} \quad (55)$$

$$Q_{1-5} = 44,1 \cdot 7800 \cdot 0,48 \cdot 20 + 13,2 \cdot 500 \cdot 0,19 \cdot 20 + 2,2 \cdot 500 \cdot 0,19 \cdot 20 = 3302208 + 25080 + 4180 = 3331468 \text{ кДж}$$

#### 3.4.6 Тепло, вносимое теплоносителем

$$Q_{1-6} = G_1 \cdot i_n \quad (56)$$

где  $G_1$  – количество подаваемого теплоносителя в период прогрева, кг;

$i_n$  – энтальпия теплоносителя,  $i_n = 60,288$  кДж/кг.

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

Сумма приходных статей:

$$Q_{\Pi} = 11736732,84 + 31319,7 + 1456 + 3672 + 3331468 + G_1 \cdot 60,288 = 15104648,54 + G_1 \cdot 60,288$$

#### 3.5 Расход тепла:

##### 3.5.1 На нагрев сухих материалов

$$Q_{2-1} = Q_{1-1} = 11736732,84 \text{ кДж.}$$

##### 3.5.2 На нагрев воды в бетонной смеси

$$Q_{2-2} = (G_w - G_{\text{ви}} - G_{\text{вг}}) \cdot c_w \cdot t_6 \quad (57)$$

$$Q_{2-2} = (227,2 - 68,2 - 38,6) \cdot 4,19 \cdot 32,9 = 16597,3 \text{ кДж.}$$

##### 3.5.3 На нагрев арматуры и закладных деталей

$$Q_{2-3} = Q_{1-3} = 1456 \text{ кДж}$$

##### 3.5.4 На нагрев форм

$$Q_{2-4} = Q_{1-4} = 3672 \text{ кДж.}$$

##### 3.5.5 На нагрев материалов ограждений

$$Q_{2-5} = Q_{1-5} = 3331468 \text{ кДж.}$$

##### 3.5.6 Потери тепла в окружающую среду через стенки камеры

$$Q_{2-6} = 3,6 \cdot k \cdot F_{\text{и}} \cdot D_n \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{ос}}), \quad (58)$$

где  $D_n$  – время изотермической выдержки, ч;

$F_{\text{и}}$  – площадь стен,  $\text{м}^2$ ;

$t_{\text{ст}}$  – температура наружной поверхности стен,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$k$  – коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}$ .

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \sum \frac{\beta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_2}} \quad (59)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{36,7} + \frac{0,055}{0,042} + \frac{2 \cdot 0,0025}{56} + \frac{1}{10,69}} = 0,7.$$

$$Q_{2-6} = 3,6 \cdot 0,69 \cdot 8,9 \cdot 7 \cdot (20 - 20) = 0 \text{ кДж}$$

3.5.7 Потери тепла через крышку:

$$Q_{2-7} = 3,6 \cdot k - F_{кр} \cdot D_h \cdot (t_{кр} - t_{oc}), \quad (60)$$

где  $F_{кр}$  – площадь крышки, м<sup>2</sup>;

$t_{кр}$  – температура внутренней поверхности крышки, °С.

$$Q_{2-7} = 3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,11 \cdot 7 \cdot (75 - 20) = 106,72 \text{ кДж}$$

3.5.8 Потери тепла на испарение части воды затворения:

$$Q_{2-8} = G_{ви} \cdot (r + c_b \cdot t_b), \quad (61)$$

где  $r$  – скрытая теплота парообразования, кДж/кг;

$c_b$  – теплоемкость воздуха, кДж/кг • град.

$$Q_{2-8} = 68,2 \cdot (1023 + 1,0048 \cdot 32,9) = 72023,2 \text{ кДж.}$$

3.5.9 Тепло, уносимое конденсатом

$$Q_{2-9} = G_k \cdot c_k \cdot t_o \quad (62)$$

$$G_k = G_1 - G_{св} - G_{пр}, \quad (63)$$

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.

$$G_{св} = p_v \cdot (V_k - V_{бк} - V_{\phi}) \quad (64)$$

где  $p_v$  – плотность воздуха, кг / м<sup>3</sup>;

$V_{\phi}$  – объем, занимаемый формами, м<sup>3</sup>;

$V_k$  – рабочий объем камеры, м<sup>3</sup>.

$$V_{\phi} = \frac{G_{\phi}}{p_{\phi}} \cdot N_2 \quad (65)$$

где  $p_{\phi}$  – плотность стали, кг/м<sup>3</sup>.

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

$$G_{CB} = 1,29 \cdot (13,3 - 1,42 - 0,01) = 15,3 \text{ кг.}$$

$$G_K = G_1 - (15,3 - 0,1G_1 = 0,90G_1 - 15,3 \text{ кг.}$$

$$Q_{2-9} = (0,9G_1 - 15,3) \cdot 1,0048 \cdot 32,9 = 29,7G_1 - 505,8 \text{ кДж.}$$

3.5.10 Потери тепла с паром, уходящим через неплотности установки:

$$Q_{2-10} = G_{пр} \cdot c_B \cdot t_0 \quad (66)$$

$$Q_{2-10} = 0,1G_1 \cdot 1,0048 \cdot 32,9 = 3,30G_1 \text{ кДж.}$$

Сумма расходных статей:

$$Q_p = 11736732,84 + 16597,3 + 1456 + 3672 + 3331468 + 0 + 106,72 + 72023,2 + 29,70G_1 - 505,8 + 3,3G_1 = 15156948,552 + 33 G_1$$

$$Q_{п} = Q_p \quad (67)$$

$$15104648,54 + G_1 \cdot 60,288 = 15156948,552 + 33 G_1$$

$$G_1 = 1916,6 \text{ кг.}$$

Удельный расход теплоносителя на тепловую обработку:

$$G_{уд} = \frac{G_1}{V_{БК}} \quad (68)$$

$$G_{уд} = \frac{1916,6}{1,42} = 1349,7 \text{ кг.}$$

Таблица 8 - Тепловой баланс камеры

Обозначение статьи	Наименование	Единица тепла	%
Приход			
Q <sub>1-1</sub>	Теплосодержание сухой части бетонной смеси, поступившей в зону	11736732,84	76,8
Q <sub>1-2</sub>	Теплосодержание влаги, содержащейся в бетонной смеси	31319,7	0,25
Q <sub>1-3</sub>	Теплосодержание арматуры и закладных деталей изделий, загруженных в камеру	1456	0,009
Q <sub>1-4</sub>	Теплосодержание форм	3672	0,02
Q <sub>1-5</sub>	Тепло материалов ограждений	3331468	21
Q <sub>1-6</sub>	Тепло, вносимое теплоносителем	15340346,04	1,04
Итого:		15244179,9	100

Продолжение таблицы 8

Расход			
$Q_{2-1}$	На нагрев сухих материалов	11736732,84	76,4
$Q_{2-2}$	На нагрев воды в бетонной смеси	16597,3	0,13
$Q_{2-3}$	На нагрев арматуры и закладных деталей	1456	0,009
$Q_{2-4}$	На нагрев форм	3672	0,02
$Q_{2-5}$	На нагрев материалов ограждений	3331468	21,7
$Q_{2-6}$	Потери тепла в окружающую среду через боковую поверхность чехла	0	0
$Q_{2-7}$	Потери тепла на испарение части воды затворения и нагрев водяных паров	72023,2	0,001
$Q_{2-8}$	Потери тепла через верх чехла	106,72	0,58
$Q_{2-9}$	Тепло, уносимое конденсатом	56417,22	0,5
$Q_{2-10}$	Потери тепла с паром, уходящим через неплотности установки	6324,78	0,06
Итого:		15322186,56	100

Для поддержания заданного режима тепловой обработки используется брезентовый чехол для пропарки 6873/44АЭ. В качестве источников теплоты для технологических целей применяют пар, высококипящие органические теплоносители и электроэнергию. Основным источником теплоты является пар.

Так основной расход теплоты идет на обогрев сухой части бетонной смеси и воды – камера работает эффективно.

## РАЗДЕЛ 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

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.

Основа автоматизации технологических процессов - это перераспределение материальных, энергетических и информационных потоков в соответствии с принятым критерием управления (оптимальности).

### 4.1 Общие сведения

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.

Для автоматизации тепловлажностной обработки на производстве пред напряженных железобетонных виброгидропрессованных труб хорошо подходит комплекс СКР-Ж. Он обеспечивает автоматический дистанционный контроль, программное регулирование температуры тепловлажностной обработки в 10 тепловых установках, а также автоматический контроль и учет фактического расхода пара на эту группу установок. Одновременно реализуется сигнализация хода цикла в каждой установке, положение исполнительных механизмов регулирования подачи

пара, обеспечивается возможность дистанционного контроля температуры и управления исполнительными механизмами с пульта системы.

Одним из основных достоинств комплекса СКР-Ж является его выполнение на базе стандартной, выпускаемой серийно предприятиями Минприбора, аппаратуры автоматизации автоматического контроля. [2]

Оборудование комплекса СКР-Ж смонтировано в двухпанельном напольном шкафу. На передней панели шкафа установлено 10 блоков Р31М, автоматический многоканальный мост для контроля и регистрации температуры отдельно в каждой из 10 тепловых установок. Также есть логометр с кнопочным переключателем точек контроля для дистанционного измерения температуры в тепловых установках по выбору оператора, вторичный показывающий, регистрирующий и интегрирующий прибор расходомера пара - дифманометра переменного перепада, также входящего в комплект оборудования СКР-Ж. На панелях шкафа размещаются сигнальные табло, индикатор положения (степени открытия) исполнительных механизмов, переключатели режима работы каждого из каналов комплекса, органы дистанционного управления, устройства защиты цепей электропитания и т. д.

В состав комплекса кроме шкафа входят поставляемые комплектно регулирующие клапаны с электромеханическим исполнительным механизмом, термометры сопротивления, комплект дифманометра переменного перепада и электро – контактный манометр. Такое техническое решение, как показал опыт внедрения комплексов СКР-Ж в промышленность, значительно сокращает сроки ввода этой системы автоматизации в эксплуатацию.

Комплекс работает следующим образом.

При нормальном давлении пара в трубопроводе подачи пара контакты датчика давления – электроконтактного манометра ЭКМ – разомкнуты, питание на обмотку реле блока включения и отключения питания не подается и от источника переменного тока напряжением 220 В через

нормально замкнутые контакты реле блока питание поступает в схему устройства.

При аварийном падении давления пара, в трубопроводе подачи пара ниже установленного предельного значения, контакт датчика давления замыкается и подает сетевое питание на обмотку реле блока включения и отключения питания. Оно размыкает свои нормально замкнутые контакты и отключает питание от схемы устройства, исключая тем самым возможность нарушения режима тепловой обработки, связанного с отсутствием нормальной подачи пара в камеры. Одновременно замыкается нормально открытый контакт реле блока и загорается сигнальная лампа «Сетевое питание отключено – нет пара».

После загрузки железобетонных изделий в одну (или несколько) из 10 камер тепловой обработки, подключенных к комплексу СКР-Ж, оператор включает соответствующий программный регулятор температуры - блок Р31М. Он непрерывно получает от датчика температуры, термометра сопротивления, установленного внутри камеры, информацию о фактической температуре тепловой обработки и сравнивает её с заданной по программе режима, выработывая управляющий сигнал, поступающий на исполнительный механизм регулирующего клапана, установленного в трубопроводе подачи пара в данную камеру.

Сигнализация о крайних положениях клапана осуществляется на блоке индикации сигнальными лампами соответственно «Клапан открыт» и «Клапан закрыт».

Оператор, обслуживающий устройство, может проконтролировать любое промежуточное положение регулирующего клапана с помощью реостатного измерителя положения регулирующего клапана, механически связанного с клапаном, питающегося от источника стабилизированного питания и подключаемого по выбору оператора через переключатель на 10 положении к указателю положения регулирующих клапанов.

Блоки РЗ1М осуществляют автоматическую остановку программы, и включение реле времени каждого из каналов для управления дополнительным оборудованием, например вентилятором для охлаждения камеры. Остановка программы и окончание цикла сигнализируются на блоке индикации сигнальными лампами соответственно «Остановка программы» и «Конец цикла».

На протяжении всего периода работы комплекса осуществляется автоматический контроль расхода пара, с помощью, установленного в общем трубопроводе подачи пара, дифференциального манометра с вторичным прибором, а также контроль и регистрация температуры во всех камерах, с помощью, установленных в них, датчиков температуры, подключенных к многоточечному регистратору температуры через коммутатор. При не нажатой кнопке датчик температуры через нормально замкнутый герконовый контакт коммутатора подключен к входу регистратора температуры; при нажатии кнопки обмотка реле коммутатора получает питание от источника стабилизированного питания, при этом переключается герконовый контакт и датчик температуры подключается к измерителю температуры, показывающему логометру, что обеспечивает оператору возможность оперативного контроля температуры внутри камеры в любой момент цикла тепловой обработки с повышенной точностью.

Оборудование комплекса СКР-Ж может быть размещено на расстоянии около 200 м от тепловых установок, что позволяет централизовать контроль и управление тепловой обработкой цеха или завода.

Внедрение комплекса СКР-Ж обеспечивает снижение расхода пара на 15 – 30 % по отношению к неавтоматизированным установкам и позволяет получить значительный экономический эффект, зависящий от фактической производительности тепловых установок.

## РАЗДЕЛ 5. КОМПОНОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ В ЦЕХЕ

В данном случае технологическая линия размещена в одном не типовом пролете с размерами в осях – 24 Å 144м. Его площадь составляет 3456 м .

При проектировании формовочных цехов используют следующие требования ОНТП 07 – 85: запас в формовочном цехе арматурных сеток и каркасов, в т.ч. пространственных создаётся на 4-х часовую потребность; усреднённая масса арматурных изделий , размещаемых горизонтально на 1 м<sup>2</sup> площади при хранении в формовочном цехе (с учётом приходов) из стали диаметром до 12 мм ; высота штабеля для хранения резервных форм в цехе не более 2,5 м; количество резервных форм на ремонт 7 %; площадь для складирования форм и оснастки: на каждые 100 т форм, находящихся в эксплуатации 20 м<sup>3</sup>; площадь для текущего ремонта форм на 100 т форм, находящихся в эксплуатации – 30 м ; отходы и потери бетонной смеси при её транспортировании и формовании изделий – 1,5 %, в том числе утилизируемые – 1 %, безвозвратные – 0,5 %; объём некондиционных железобетонных и бетонных изделий, подвергаемых утилизации – 0,7 %; расход смазки на 1 м<sup>2</sup> развёрнутой поверхности форм – 0,2 кг; количество изделий, подвергаемых устранению дефектов от общего количества выпуска – 5 %; максимальное количество промежуточных перегрузок бетонной смеси при подаче к постам формования от смесителя до укладки в форму для холодной смеси – 3; максимальная длительность выдержки бетонных смесей от момента её выгрузки из смесителя до укладки в форму: тяжёлых и лёгких конструкционных – 45 минут.

Компонуя технологическую линию, мною избегались пересекающиеся или встречные производственные потоки. Число перегрузок подаваемых материалов, особенно бетонной смеси, изделий и форм, и расстояния их транспортирования приняты минимальными. Я постарался обеспечить условия безопасного и высокопроизводительного труда рабочих, равномерной и производительной работы оборудования, экономии

производственных площадей и удобства эксплуатационного обслуживания машин. [20]

Компоновка технологической линии представлена на чертеже 3.

## РАЗДЕЛ 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

### 6.1 Выбор способа производства

Для выбора способа производства изделий из железобетона существуют требования, прописанные в СНиП 3.09.01-85 и др. [14]

Предприятия по выпуску сборного железобетона используют два способа изготовления изделий – стендовый и поточный.

Если изделия крупногабаритное, массивное, то рационально применять стендовый способ. К такому способу производства относят технологические линии, на которых преднапряженный железобетон изготавливается на длинных стендах. Натяжение арматуры воспринимается упорами, находящимися за пределами форм. Напрягаемую арматуру следует заготавливать сразу на несколько изделий (5 – 6). Изделия располагаются в одну линию. Короткие стенды из которых выносятся силовые упоры предназначаются для изготовления до двух изделий. Также существуют силовые формы, представляющие из себя короткие стенды у которых нет отдельно стоящих упоров. Они устанавливаются на самой форме, и она, в свою очередь воспринимает на себя усилие от натяжения арматуры.

При поточном способе производства используются последовательно перемещаемые формы, которые позволяют выполнять различные технологические операции на различных специальных постах. Поточные линии делятся:

- на поточно-агрегатные;
- на поточно конвейерные.

В качестве транспортного оборудования на поточно-агрегатной линии в основном используют мостовые краны. В качестве тепловых агрегатов, используемых для ускорения сроков твердения бетона, чаще всего используют камеры периодического способа.

Если говорить о поточно – конвейерном способе производства, все формы между постами двигаются одновременно, посредством движения рольгангов или шаговых конвейеров. Эти перемещения происходят с

заданным ритмом. Также применяют прокатные станы, позволяющие выполнять операции на непрерывно движущейся формовочной ленте. Такие линии оснащают термоформами. Они собираются в пакеты для тепло-влажностной обработки. Также можно устанавливать тепловые агрегаты непрерывного действия (туннельные, щелевые, вертикальные). Обычно поточно-конвейерная линия образует замкнутую линию, по которой перемещаются только формы.

Поточные способы производства повышают производительность труда и качество производимых изделий. Это объясняется оснащением постов специализированным оборудованием. Появляется возможность автоматизации производства.

Главным минусом конвейерной линии является их предназначенность для выпуска узкой номенклатуры изделий. Поточно-агрегатные линии производства являются более гибкими. Их можно быстро переналаживать, если меняется номенклатура выпускаемых изделий.

Железобетонные преднапряженные трубы следует формировать на специализированных поточно-агрегатных линиях.

## 6.2 Описание технологического процесса

### 6.2.1. Пост распалубки

На посту распалубки 2 бетонщика 4 разряда снимают с формы уплотнительное и раструбное кольца и очищают их в течение 4 минут. Далее происходит съём пружинных болтов с помощью пневматических гайковертов. Этот процесс занимает 4 минуты. При помощи крана 2 такелажника 3 разряда стропуют и снимают секции формы за 4 минуты. Затем бетонщики за 2 минуты снимают калибровочное кольцо. Такелажники вынимают изделие и передают его при помощи крана на пост доводки (1 минута)

### 6.2.2. Пост армирования

На посту армирования происходит навивка спирально-перекрестного каркаса на модернизированном навивочном станке в течение 8 минут. За

этим следит арматурщик 4 разряда. Далее каркас перемещается при помощи крана на пост формования (1 минута) и там устанавливается в форму (1 минута).

#### 6.2.3. Пост подготовки формы

На этом посту 2 формовщика 3 разряда за 4 минуты чистят форму. Потом происходит процесс сборки обечайки, состоящий из соединения секций тарированными пружинными болтами и проклейки швов, который занимает 5 минут. После этого на протяжении 1 минуты смазывают форму. Когда обечайка будет подготовлена, в нее устанавливается спирально-перекрестный каркас. В конце этой операции форма перемещается мостовым краном на пост комплектации (1 минута).

#### 6.2.4. Пост комплектации

Здесь 2 формовщика 4 разряда подготавливают сердечник формы в течение 4 минут, а потом за 2 минуты смазывают его. Далее за 4 минуты происходит присоединение обечайки и навеска на нее вибраторов. По завершении, собранная форма отправляется на пост формования, при помощи мостового крана за 1 минуту.

#### 6.2.5. Пост формования

По прибытии формы и установке ее в приемке 2 формовщиками 4 разряда устанавливается загрузочный конус (2 минуты). После, 2 машиниста бетоноукладчиков 5 разряда готовят бетоноукладчики за 4 минуты, и начинается процесс укладки, и уплотнения бетонной смеси, который занимает 15 минут. Потом 2 формовщика 4 разряда снимают загрузочный конус и вибраторы с формы (3 минуты) и форма отправляется на пост опрессовки и ТВО. Перемещение занимает 1 минуту.

#### 6.2.6. Пост опрессовки и ТВО

На посту опрессовки и ТВО все процессы выполняются 2 пропарщиками 3 и 4 разрядов. Форма подключается к системам высокого и низкого давления (2 минуты), после чего происходит процесс опрессовки, который занимает 30 минут. После того, как закончится гидропрессование,

на форму надевают брезентовый чехол, и начинается тепловая обработка, которая длится 7 часов (420 минут). Когда заканчивается тепловая обработка происходит отвод воды и съем пропарочного чехла. По завершении отвода воды в сердечнике за 0,5 минут создается вакуум, и удаляются остатки влаги. Далее изделие с наружной формой снимается с сердечника при помощи мостового крана и отправляется на кантователь и после на пост распалубки за 2 минуты. После удаления наружной формы и изделий сердечник отправляют на пост комплектации для подготовки к следующему циклу. Этот процесс занимает 1 минуту.

#### 6.2.7. 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).

#### 6.3 Режим работы предприятия

В соответствии с требованиями ОНТП 07-85 принимается: номинальное количество рабочих суток в году - 253; количество рабочих смен в сутки без тепловой обработки - 3; количество рабочих смен в сутки с тепловой обработкой - 3; продолжительность рабочей смены, ч - 8; планово-предупредительные ремонты - 14 суток.

Фактическое число рабочих суток в год определяется как номинальное количество рабочих суток в год за вычетом длительности плановых остановок на ремонт. Согласно с требованиями ОНТП 07-85 при поточно-агрегатном способе производства длительность плановых остановок на ремонт составляет 7 суток. Значит фактическое число рабочих дней - 246.

Расчетный фонд рабочего времени составит:

$$V_p = 246 \cdot 8 \cdot 3 = 5904 \text{ ч}$$

Годовая производительность поточно - агрегатной технологической линии, выпускающей несколько типоразмеров изделий;

$$P = 60 K_{\text{исп}} \cdot V_p \cdot h \cdot \sum d_i V_i / t_i, \quad (69)$$

где  $K_{\text{исп}}$  – коэффициент использования оборудования,  $K_{\text{исп}} = 0,92 - 0,94$ ;

$d_i$  – доля формовок в час 1-го изделия  $\text{м}^3$ ;

$t_i$  – продолжительность цикла формования 1-го изделия, мин;

$H$  – число рабочих часов в сутки,  $h = 24$ ;

$V_p$  – число рабочих дней в году.

Продолжительность цикла формования 1-го изделия (мин) изделий на агрегатно-поточной технологической линии выбирается из ОНТП 07-85 или вычисляется:

$$T_1 = t + 1_0 / V_0 + 1_1 \cdot n_0 / V_1 + t_0, \quad (70)$$

где  $t$  – продолжительность установки и снятия формы с поста формования, 0,5... 1,5 мин;

$1_0$  – длина холостого хода бетоноукладчика,  $1_0 = 16 \text{ м}$ ;

$V_0$  – скорость движения бетоноукладчика,  $V_0 = 12 \text{ м/мин}$ ;

$1_1$  – длина формуемого изделия,  $1_1 = 6 \text{ м}$ ;

$V_1$  – рабочая скорость бетоноукладчика,  $V_1 = 4,8 \text{ м/мин}$ ;

$n_0$  – число подъемов бетоноукладчика при формировании изделий (2);

$t_0$  – продолжительность других, не совмещаемых операций формования,

$$t_0 = 10 \text{ мин.}$$

$$T_1 = 1 + \frac{16}{12} + \frac{6 \cdot 2}{4,8} + 10 = 15 \text{ мин}$$

$$T_1 = \frac{60 \cdot 0,93 \cdot 246 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 1,42}{15} = 31\,187,3 \text{ м}^3$$

#### 6.4 Оптимизация распределения трудовых ресурсов

С целью обеспечения эффективности производства необходимо провести оптимизацию распределения трудовых ресурсов. Принимаем, что

все операции выполняются при помощи одного вида ресурсов (рабочие, обладающие смежными профессиями).

Интенсивность операции - количество ресурсов, используемых на операции в единицу времени.

Средняя интенсивность потребления ресурсов:

$$P = \frac{\sum P_{(i,j)} \cdot t_{(i,j)}}{T_c}, \text{ (чел)} \quad (71)$$

Где  $P_{(i,j)}$  интенсивность потребления ресурсов на операции  $O_{(i,j)}$ , чел;

$t_{(i,j)}$  – длительность операции  $O_{(i,j)}$  мин;

$T_c$  – интервал времени, через который периодически производится выпуск

$$T_c = \frac{1}{R_c} \quad (72)$$

где  $R_c$  – ритм выпуска (количество изделий выпускаемых в единицу времени).

$$R_c = \frac{\Pi}{T_c \cdot V \cdot 60} \quad (73)$$

Где  $V$  – объем одного изделия ( $9,95 \text{ м}^3$ );

$$R_c = 31187,3 / (9,95 \cdot 5904 \cdot 60) = 0,008 \text{ изд/мин.}$$

$$T_c = 1/0,008 = 125 \text{ мин}$$

Следовательно, на изготовление одного изделия затрачивается 125 минут.

$$P = 182/125 = 1,45 \text{ чел}$$

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

$$\Delta H = H_{\phi} - H \quad (74)$$

Где  $H_{\phi}$  – фактические затраты труда в стадийном процессе, чел. мин.;

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

Фактические затраты труда в стадийном процессе:

$$H_{\phi} = P_{\max} \cdot T_c, \text{ (чел – мин)}, \quad (75)$$

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

Трудоемкость операций:

$$H = \sum_{i=1}^n H_i, \text{ (чел-мин)} \quad (76)$$

$$H_{\phi} = 13 \cdot 125 = 1625 \text{ чел-мин-до оптимизации}$$

$$H_{\phi} = 9 \cdot 125 = 1125 \text{ чел-мин - после оптимизации}$$

$$\Delta H = 1625 - 182 = 1443 \text{ чел-мин - до оптимизации}$$

$$\Delta H = 1125 - 182 = 943 \text{ чел-мин - после оптимизации}$$

После оптимизации распределения трудовых ресурсов бригада будет состоять из 9 человек.

Пооперационный график технологического процесса после оптимизации представлены на чертеже 7.

#### 6.5 Циклограмма работы машин и технологического оборудования

Циклограмма дает наглядное представление о согласованности времени выполнения отдельных операций. На циклограмме по оси ординат откладывают время, мин, по оси абсцисс - расстояние, м. Циклограмма строится на длительность только одного цикла. На циклограмме проекция любой линии на ось 1; есть продолжительность выполнения операции, проекция любой линии на ось 3 - перемещение машины при выполнении операции. Угол наклона линии оси абсцисс - скорость перемещения машины.

Циклограмма работы технологической линии после оптимизации показана на чертеже 7.

Работа крана К1 - К25

К1 – К2 – строповка изделия

К2 – К3 – перемещение изделия на кантователь

К3 – К4 – перемещение формы в вертикальное положение

К4 – К5 – перемещение на пост распалубки

К5 – К6 – расстроповка

К6 – К7 – простой крана

К7 – К8 – строповка  
К8 – К9 – съём секций формы  
К9 – К10 – расстроповка  
К10 – К11 – холостой ход крана  
К11 – К12 – простой крана  
К12 – К13 – строповка  
К13 – К14 – перемещение формы на пост формования  
К14 – К15 – расстроповка  
К15 – К 16 – простой крана  
К16 – К17 – холостой ход крана  
К17 – К18 – строповка  
К18 – К19 – перемещение сердечника формы на пост комплектации  
К19 – К20 – расстроповка  
К20 – К21 – простой крана  
К21 – К22 – холостой ход крана  
К22 – К23 – строповка  
К23 – К24 – перемещение формы на пост опрессовки и ТВО  
К24 – К25 – расстроповка  
Работа крана К1' - К2'  
К2' – К2' – холостой ход крана  
К2' – К3' – строповка  
К3' – К4' – перемещение арматурного каркаса  
К4' – К5' – установка арматурного каркаса  
К5' – К6' – расстроповка арматурного каркаса  
К6' – К7' – строповка обечайки с арматурным каркасом  
К7' – К8' - перемещение формы на пост комплектации  
К9' – К10' – холостой ход крана  
К10' – К11' – строповка  
К11' – К12' – перемещение изделия на установку для гидроиспытания  
К12' – К13 ' – расстроповка

К13' – К 14' – простой крана

К14' – К15' – холостой ход крана

К15' – К 16' – строповка

К16' – К17' – перемещение изделия на пост доводки

К17' – К18' – расстроповка

К18' – К19' – холостой ход крана

К19' – К20' – строповка

К20' – К21' – перемещение изделия на самоходную тележку

К21' – К22' – расстроповка

### 6.6 Определение уровня механизации и автоматизации

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

$$Y_M = \frac{\sum z_i \cdot k_i \cdot n_i}{3 \cdot \sum n} \quad (77)$$

где  $z_i$  – характеристика вида механизации операции:

$z = 0$  – операция не механизирована;

$z = 1$  – операция выполняется при помощи машины ручного действия;

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

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

$k$  – коэффициент степени механизации операций:

$k = 1$  – операция механизирована полностью;

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

$n$  – количество операций.

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

$$Y_a = \frac{\sum z'_i \cdot k'_i \cdot n'_i}{1,5 \cdot \sum n} \quad (78)$$

где  $z'$  – характеристика автоматизации:

$z' = 0$  – операция не автоматизирована;

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

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

$k$  – коэффициент степени автоматизации операции:

$k = 1$  – операция автоматизирована полностью;

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

$n$  – количество операций

Таблица 9 – расчет механизации и автоматизации

№п/П	Операция	механизация				автоматизация			
		$z_i$	$k_i$	$n_i$	$z_i \cdot k_i \cdot n_i$	$'z_i$	$k'_i$	$n_i$	$'z_i \cdot k'_i \cdot n_i$
1	Снятие анкерных колец	0	-	2	0	0	-	2	-
2	Раскручивание пружинных болтов	2	1	4	8	1	0,5	4	2
3	Съем секций формы	2	1	4	8	1	0,5	4	2
4	Снятие калибровочного кольца	0	-	1	0	0	-	1	0
5	Извлечение трубы из формы и передача ее на пост доводки	2	1	1	2	1	0,5	1	0,5
6	Навивка спиральноперекрестного каркаса	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
7	Чистка всех деталей	0	-	4	0	0	-	4	0
8	Сборка внешней обечайки	2	1	4	8	1	0,5	4	2

Продолжение таблицы 9

9	Смазка ее внутренней поверхности	2	0,5	4	4	1	0,5	4	2
10	Установка в форму спирально-перекрестного каркаса	2	1	1	2	1	0,5	1	0,5
11	Перемещение формы на пост комплектации	2	1	1	2	1	0,5	1	0,5
12	Подготовка сердечника	0	-	1	0	0	-	1	0
13	Смазка сердечника	1	1	1	1	1	0,5	1	0,5
14	Установка обечайки и вибраторов	2	1	4	8	1	0,5	4	2
15	Перемещение формы на пост формования	2	1	1	2	1	0,5	1	0,5
16	Установка загрузочного конуса	0	-	1	0	0	-	1	0
17	Подготовка БУ	2	1	1	2	1	0,5	1	0,5
18	Укладка и уплотнение БС в форму	2	1	2	4	1	0,5	2	1
19	Снятие вибраторов и загрузочного конуса	0	-	4	0	0	-	4	0
20	Перемещение формы на пост опрессовки и ТВО	2	1	1	2	1	0,5	1	0,5
21	Подключение к системам высокого и низкого давления	2	1	1	2	1	0,5	1	1
22	Опрессовка	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
23	Тепловая обработка	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
24	Отводка воды и снятие чехла	3	1	2	6	1,5	1	2	1,5
25	Создание вакуума	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
26	Снятие обечайки и перемещение на пост распалубки	2	1	2	4	1	0,5	2	1

Окончание таблицы 9

27	Перемещение сердечника на пост комплектации	2	1	1	2	1	1	1	0,5
28	Шлифовка трубы	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
29	калибровка раструба	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
30	Перемещение трубы на установку для гидроиспытаний	2	1	1	1	1	1	1	9,5
31	Гидравлические испытания	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
32	Погрузка на самоходную тележку	2	1	1	2	1	1	1	0,5
<b>ИТОГО</b>					91			57	29

Уровень механизации:

$$Y_M = \frac{91}{3 \cdot 57} \cdot 100\% = 53,2\%$$

Уровень автоматизации:

$$Y_a = \frac{29}{1,5 \cdot 57} \cdot 100\% = 33,9\%$$

В данном разделе произведена оптимизация технологической линии по производству преднапряженных виброгидропрессованных железобетонных труб. Представленный операционный график производства и согласованная циклограмма работы оборудования позволили получить наиболее целесообразную схему организации процесса.

Рассчитанный уровень механизации, равный 53,2 %, удовлетворяет требованиям ОНТП-07-85, согласно которым в формовочных цехах он должен быть не менее 50 %.

Расчетный уровень автоматизации, равный 33,9 %, удовлетворяет требованиям ОНТП-07-85, согласно которым он должен быть не менее 30% [4] [8]

## РАЗДЕЛ 7. КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

При производстве сборных железобетонных изделий технический контроль осуществляют на различных стадиях технологического процесса. В зависимости от этого контроль различают: входной, операционный и приёмочный. Контроль производства осуществляет цеховой технический персонал, он отвечает за соблюдение технологических требований к изделиям. Отдел технического контроля контролирует качество и производит приём готовой продукции, проверяет соответствие технологии техническим условиям производства изделий. При соответствующем качестве материалов и правильно организованном операционном контроле создаются условия выполнения технологического процесса, гарантирующие выход продукции высокого качества.

Производство железобетонных труб для напорных трубопроводов регламентировалось нормативными документами с самого начала освоения этих конструкций. Кроме нормативов на исходные материалы имеются стандарты, инструкции, технические условия на проектирование, расчет, производство, испытание и приемку труб и изготовленных из них трубопроводов.

В нормативах на железобетонные напорные трубы содержатся требования: к форме и размерам труб как общегабаритным, так и к размерам отдельных деталей на концах труб; к гладкости внутренней поверхности; к водонепроницаемости стенок; к трещиностойкости и прочности труб; к основным исходным и вспомогательным материалам, которые необходимы для изготовления труб. Введены в ГОСТы требования на отдельные виды оборудования, в частности на формы, в которых изготавливают трубы.

В области отечественного производства виброгидропрессованных труб действительны следующие основные нормативы:

– ГОСТ 12586-83 «Трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные»;

- ГОСТ 10268-80 «Бетон тяжелый. Технические требования к заполнителям»;
- Инструкция по изготовлению, испытанию и приемке железобетонных напорных виброгидропрессованных труб (СН 324-72);
- ГОСТ 22000-86 «Трубы бетонные и железобетонные»;
- «Классификация, размеры и общие технические требования»;
- альбом рабочих чертежей по типовой серии 3.901-1 «Сборные железобетонные напорные трубы».

Нормативные документы на виброгидропрессованные трубы, в частности ГОСТ 12586–74, регламентируют их общие габаритные размеры, размеры раструбов и втулочных концов, допускаемые отклонения от проектных размеров; устанавливают требования к материалам, состоянию поверхностей труб, водонепроницаемости стенок, порядку проведения испытаний, маркировке, хранению и транспортировке. [12]

Таблица 10 - Контроль технологических операций и готовой продукции

Контроль	Объект контроля	Содержание контроля	Исполнитель
Входной	Цемент	Вид, марка, наличие паспорта,	Лаборатория
	Заполнители	Вид, наличие паспорта, физикомеханические свойства,	Лаборатория
	Сталь арматурная	Вид, класс, марка стали, наличие сертификатов,	Лаборатория
Операционный	Приготовление бетонной смеси	Дозирование, перемешивание и удобоукладываемость	Лаборатория, работники БСЦ
	Изготовление арматурных изделий	Применение стали заданного класса и диаметра	ОТК, работники арматурного цеха
	Натяжение спирально-перекрестного	Величина разъема между секциями формы в процессе формования. Сжатие пружины болтов,	Работники формовочного цеха

Окончание таблицы 10

Операционный	Тарировка пружинных болтов	Набор комплекта тарельчатых пружин определенного диаметра на шток, регулирование предварительного сжатия	ОТК, работники арматурного цеха
	Формы	Правильность сборки форм и равномерность их смазки	Работники формовочного цеха
	Армирование железобетонны	Правильность положения арматурных каркасов и качество их фиксации в	ОТК, работники формовочного цеха
	Формование железобетонны	Степень уплотнения бетонной смеси, качество открытых поверхностей	ОТК, работники формовочного цеха
	Тепловая обработка	Контроль температуры и продолжительности процесса	Пропарщик
	Размеры, формы и качество	Внешний осмотр изделий, проверка размеров и качества поверхности изделий	ОТК
	Гидроиспытания	Проверка трубы на стенде для гидроиспытаний с дальнейшей оценкой	Работники формовочного цеха
Приёмочный	Марка бетона, водонепроницаемость, морозостойкость	Испытание контрольных кубов на удовлетворение требованиям нормативной документации	Лаборатория
	Прочность бетона	Отпускная и марочная прочность бетона и другие физико-механические свойства; прочность, жёсткость, трещиностойкость, определение защитного слоя	Лаборатория ОТК
	Правильность укладки	Проверка положения изделий и прокладок в штабеле, маркировка	ОТК

Сплошной контроль осуществляют по правильности нанесения маркировки.

Для выборочного контроля из потока изделий в процессе их выпуска или после изготовления всей партии отбирают определённое количество изделий и определяют количество дефектных изделий в ней по каждому показателю. Для партии изделий, не принятой в результате выборочного контроля, допускается применять сплошной контроль, при этом изделия

контролируются только по тем показателям, по которым партия не была принята.

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

## РАЗДЕЛ 8. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Техника безопасности - это комплекс технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда, прежде всего, путём предупреждения и устранения причин несчастных случаев. В состав таких мероприятий могут входить: разработка правил безопасного ведения работ, ограждение вращающихся частей машин и механизмов, защитное заземление электроустановок, изучение рабочими правил техники безопасности.

Заводы сборного железобетона относятся к числу предприятий, на которых санитарно - гигиенические условия труда и техника безопасности являются не только важнейшими критериями для повышения производительности труда, они обеспечивают сохранение здоровья каждого работающего на предприятии. Вопросы обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий труда на предприятиях сборного железобетона закладываются ещё при проектировании завода и должны строго соблюдаться при его эксплуатации. Таким образом, для обеспечения безопасных и нормальных санитарно-гигиенических условий труда необходимо строго руководствоваться правилами техники безопасности и производственной санитарии, действующими на каждом заводе.

Все работы, связанные с производством сборного железобетона, должны соответствовать требованиям СНиП 12-03-99. Способы безопасного производства погрузо-разгрузочных работ и складских операций должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.099.

1. Производство виброгидропрессованных труб осуществляется по агрегат-но-поточной технологии, связанной с работой машин, механизмов и других устройств. Работа людей осуществляется в зоне действия мостовых кранов;

2. В соответствии с “Правилами техники безопасности и производственной санитарии в промышленности строительных материалов” и СНиП 111-4-80 к самостоятельной работе с оборудованием по

производству сборных железобетонных изделий допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные правилам эксплуатации оборудования и имеющие удостоверение о сдаче экзамена по технике безопасности;

3. Все электрооборудование и пульты управления на технологической линии должны быть заземлены в соответствии с «Правилами эксплуатации электроустановок»;

4. Все операции производственного процесса должны осуществляться в строгой технологической последовательности;

5. До начала работы должна быть проверена исправность, техническое состояние оборудование, инструмента и грузозахватных приспособлений (траверс, строп);

6. Работы на установках должны выполняться при строгом соблюдении инструкций по технике безопасности;

7. Должна быть исключена самопроизвольная распалубка установки в процессе формования и термообработки изделий;

8. Рабочие площадки должны быть изолированы от ямных камер;

9. Настилы площадки и ступени лестницы должны изготавливаться из рифленой стали;

10. Грузовые потоки должны осуществляться по технологической схеме;

11. Все подъемно-транспортные механизмы, грузозахватные приспособления и тара должны быть своевременно испытаны и иметь соответствующие бирки с обозначением номера, даты испытания и грузоподъемности;

12. На все машины и механизмы должны быть инструкции по безопасной их эксплуатации;

13. Рабочие места должны быть освещены согласно нормам освещения;

14. Ремонт машин, механизмов и технологического оборудования должен производиться специальным персоналом;

15. Уровень вибрации на рабочих местах обслуживания установки не должен превышать допустимых величин, установленных в СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».

Противопожарные мероприятия:

1. Рабочие должны соблюдать противопожарный режим. Для изучения должны быть отведены специально оборудованные места;

2. В цехе должны быть установлены первичные средства пожаротушения: бочки с водой, ящики с песком, огнетушители;

3. По окончании работы силовые электротехнические и вентиляционные установки, радиаторы парового отопления периодически очищать от пыли;

4. Все поступающие на работу должны пройти инструктаж по правилам противопожарной безопасности. [10]

## РАЗДЕЛ 9. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Технико–экономические расчеты для оценки эффективности принятых решений выполнены в ценах 1985 года.

При экономической оценке проектных решений определяется заводская себестоимость продукции, которая складывается из стоимости материалов и себестоимости их переработки с учетом затрат на амортизацию здания, спец сооружений и оборудования. Себестоимость изготовления 1 м<sup>3</sup> железобетонных изделий:

$$C_B = C_B + \Sigma C_{CT} + \Sigma C_A + \Sigma C_H + C_D + C_Y + C_{HA} + C_F + C_O + C_{II} + C_{3T} + C_{\text{Э}} + C_{OB} + Z + Ц + O, \quad (79)$$

где  $C_B$  – себестоимость приготовления бетонной смеси.

$$\Sigma C_B = K_B \cdot Ц_B, \quad (80)$$

$K_B$  – коэффициент расхода бетонной смеси, учитывающий вытеснение части бетона арматурой, потери и отходы бетонной смеси в процессе укладки,  $K_B = 1,009$ ;

$Ц_B$  – себестоимость 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси класса В40 – 28,77 руб. за м<sup>3</sup>.

$$\Sigma C_B = 1,009 \cdot 28,77 = 29,02 \text{ руб}$$

$\Sigma C_{CT}$  – суммарная цена всех видов арматурной стали, расходуемой на 1 м<sup>3</sup>;

Сначала дадим оценку технико-экономических показателей моего проектируемого предприятия до предложенной реконструкции.

При производстве труб способом виброгидропрессования используются стержни продольной арматуры класса Вр-2 диаметром 5 миллиметров в количестве 19,2 кг, которые стоят 329 рублей за 1 тонну. Также совместно с ней изготавливается спиральный каркас из арматурных стержней класса В – 2 диаметром 4 мм, себестоимость которых составляет тоже 329 рублей на 1 тонну стали. Вес такого каркаса 81,8 кг. Также в изделии применяется ненапрягаемая холоднокатаная лента сечением 20 x 0,7 мм в количестве 10,4 кг. Её себестоимость составляет 130 рублей за 1 тонну. Тогда себестоимость стали

$$\Sigma \Pi_{\text{СТ}} = \frac{\Sigma V_{\text{СТ}} \cdot K_{\text{СТ}} \cdot C_{\text{СТ}}}{1000 \cdot V_{\text{Б}}}, \quad (81)$$

Где  $V_{\text{СТ}}$  – вес стали, необходимый для изготовления одного изделия

$K_{\text{СТ}}$  – коэффициент расхода стали. Для стержневой арматуры класса

$V_{\text{р}} - 2$  и  $B - 2$   $K_{\text{СТ}} = 1,04$ , а для прокатной стали  $K_{\text{СТ}} = 1,035$

$V_{\text{Б}}$  – объем бетона в изделии;

$$\Sigma \Pi_{\text{СТ}} = \frac{19,2 \cdot 1,04 \cdot 329 \cdot 1,8 \cdot 1,04 \cdot 329 \cdot 10,4 \cdot 1,035 \cdot 0,130}{1000 \cdot 1,42} = 21,61 \text{ руб}$$

$\Sigma C_{\text{А}}$  – суммарные затраты на изготовление спирального каркаса;

$$\Sigma C_{\text{А}} = \frac{V_{\text{к}}}{V_{\text{Б}}} \cdot \frac{C_{\text{к}}}{1000}, \quad (82)$$

Где  $V_{\text{к}}$  – вес спирального каркаса;

$C_{\text{к}}$  – цена 1 т спирального каркаса;

$$\Sigma C_{\text{А}} = \frac{19,2}{1,42} \cdot \frac{103}{1000} = 5,9 \text{ руб},$$

$\Sigma C_{\text{Н}}$  – суммарные затраты на изготовление стержневой арматуры;

$$\Sigma C_{\text{Н}} = \frac{V_{\text{Н}}}{V_{\text{Б}}} \cdot \frac{C_{\text{Н}}}{1000}, \quad (83)$$

Где  $V_{\text{Н}}$  – вес напрягаемой арматуры;

$C_{\text{Н}}$  – цена изготовления арматуры класса  $V_{\text{р}} - 2$

$$\Sigma C_{\text{Н}} = \frac{19,2}{1,42} \cdot \frac{309}{1000} = 4,15 \text{ руб}$$

$C_{\text{Д}}$  – себестоимость изготовления закладных деталей на  $1 \text{ м}^3$

$$C_{\text{Д}} = \frac{V_{\text{Д}}}{V_{\text{Б}}} \cdot \frac{C_{\text{Д}}}{1000}, \quad (84)$$

Где  $V_{\text{Д}}$  – вес закладных деталей;

$C_{\text{Д}}$  – цена закладных деталей;

$$C_{\text{Д}} = \frac{10,4}{1,42} \cdot \frac{77}{1000} = 0,52 \text{ руб}$$

$C_{\text{у}}$  – себестоимость укладки в форму ненапрягаемой арматуры и закладных деталей;

$$C_{\text{у}} = \frac{(V_{\text{Н}} + V_{\text{к}})}{V_{\text{Б}}} \cdot \frac{C_{\text{у}}}{1000} \quad (85)$$

Где  $C_y$  – стоимость укладки в форму ненапрягаемой арматуры и закладных изделий;

$$C_y = \frac{(81,8+10,2)}{1,42} \cdot \frac{120}{1000} = 7,77 \text{ руб}$$

$$C_{HA} = \frac{V_{HH}}{V_B} \cdot \frac{C_{HH}}{1000}, \quad (86)$$

Где  $V_{HH}$  – вес напрягаемой арматуры;

$C_{HH}$  – стоимость натяжения арматуры;

$$C_{HA} = \frac{19,2}{1,42} \cdot \frac{39,5}{1000} = 0,53 \text{ руб}$$

$C_\phi$  – себестоимость формования 1 м<sup>3</sup> изделий;

$$C_\phi = C_\phi, \quad (87)$$

где  $C_\phi$  – себестоимость укладки бетонной смеси в форму;

$$C_\phi = 19,7 \text{ руб}$$

$C_\pi$  – себестоимость пара для ТВО на 1 м<sup>3</sup> изделий;

$$C_\pi = C_\pi, \quad (88)$$

Где  $C_\pi$ , – себестоимость пара для ТВО на 1 м<sup>3</sup> изделий;

$$C_\pi = 3,2 \text{ руб}$$

$C_{3Г}$  – себестоимость (руб) повышения заводской готовности 1 м<sup>3</sup> изделий, затраты на отделку и доводку изделий. В эти расходы входят затраты на укрупнительную сборку. В данном случае укрупнительная сборка отсутствует, значит

$$C_{3Г} = 0 \text{ руб}$$

$C_\varepsilon$  – себестоимость электроэнергии, расходуемой на 1 м<sup>3</sup> изделий, руб,

$$C_\varepsilon = (\varepsilon + \varepsilon_1 + \varepsilon_2) \cdot C_\varepsilon \quad (89)$$

Удельный расход силовой электроэнергии  $\varepsilon$  (кВт ч/м<sup>3</sup>) определяют исходя из суммарной мощности токоприемников, имеющих на технологической линии, и количества часов работы линии в год:

$$\varepsilon = \frac{0,3 \cdot F \cdot h \cdot V_p}{P}, \quad (90)$$

Где  $F$  – суммарная мощность токоприемников (кВт);

$h$  – число рабочих часов в сутки

$V_p$  – число рабочих суток в году;

$P$  – годовая производительность предприятия,  $m^3$

$$\Theta = \frac{0,3 \cdot 137,1 \cdot 24 \cdot 246}{31187,3} = 7,79 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/m^3,$$

Удельный расход электроэнергии для нагрева арматуры при электротермическом напряжении,  $\Theta_1 = 0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/m^3$ ,

Удельный расход электроэнергии ( $\Theta_2$ ) на электротермообработку изделий из тяжелого бетона не осуществляется  $\Theta_2 = 0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/m^3$ ;

$\Pi_э$  – стоимость электроэнергии ( $\Pi_э = 0,025$  руб за  $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ )

$C_0$  – затраты на содержание и эксплуатацию форм на  $1 m^3$  ;  
конструкции;

$$C_0 = \frac{1,6A}{P}, \quad (91)$$

Где  $\Pi_0$  – себестоимость содержания форм;

$A$  – сумма амортизационных отчислений, руб

$$C_0 = \frac{1,6 \cdot 12364}{31187,3} = 0,64 \text{ руб}$$

$C_{06}$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;

$$C_{06} = 3,2 \cdot \frac{\Sigma A_{06}}{P} \quad (92)$$

где  $\Sigma A_{06}$  – сумма отчислений на амортизацию технологического и транспортного оборудования. [19]

Таблица 11 – Амортизационные отчисления на оборудование

Наименование оборудования	Число машин	Стоимость		Норма амортизационных отчислений	
		1000	38000		
Формы	38	1000	38000	32,8	12464
Бетоноукладчик для изделий шириной до 3 м, длиной до 12 м	2	14800	29600	20	5920
Домкрат гидравлический	3	2560	7680	20,6	1528
Навивочная машина для непрерывного армирования высокопрочной проволоки	2	24000	48000	20,6	9888
Защитное приспособление для работы с гидродомкратом	3	1540	4620	7	324,4
распылитель смазки	6	38	228	15,6	35,5
Тележка самоходная грузоподъемностью 20т	2	2410	4820	15,6	751,9
Траверсы грузоподъемностью 20т	6	270	1620	15,6	252,7
Кран мостовой	2	5870	11740	8,4	984,75
Электрический гайковерт	10	4,8	480	15	15
Брезентовый чехол	10	550	5500	10	550
Итого			152288		23868

$$C_{\text{ОБ}} = 3,2 \cdot \frac{23868}{31187,3} = 2,4 \text{ руб}$$

Ц – удельные цеховые расходы на 1 м<sup>3</sup> для формовочного цеха.

$$Ц = \frac{Д_{\text{Ц}} + 3,5A_{\text{ЗД}} + 1,25\Sigma A_{\text{СС}}}{3} + 0,2 \cdot Z, \quad (93)$$

Где Д<sub>Ц</sub> – годовой фонд заработной платы цехового персонала, Д<sub>Ц</sub> = 6000 руб;

A<sub>ЗД</sub> – сумма отчислений на амортизацию склада готовой продукции, A<sub>ЗД</sub> = 670 руб;

A<sub>СС</sub> – сумма отчислений на амортизацию спец. сооружений A<sub>СС</sub> = 0 руб.;

Z – полная заработная плата рабочих на м<sup>3</sup> изделий;

$$Z = r \cdot \phi \cdot 1,1 \cdot 1,061 \cdot 1,2 \cdot 1,331 = 1,656 \cdot r \cdot \phi, \quad (94)$$

Где φ – часовая ставка рабочего-сдельщика среднего тарифного разряда, руб., φ = 0,85 руб.;

r = затраты труда на единицу изготавливаемой продукции в чел\*час/м<sup>3</sup>

$$r = \frac{R \cdot c \cdot h}{p \cdot n_{\text{С}}}, \quad (95)$$

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

c – число рабочих суток в году;

h – число рабочих часов в сутки;

P – годовая производительность, м<sup>3</sup>;

n<sub>С</sub> – число смен в сутки.

$$r = \frac{27 \cdot 246 \cdot 24}{31187,3 \cdot 3} = 1,72 \text{ чел} \cdot \text{час/м}^3$$

Полная заработная плата на м<sup>3</sup> изделий включает в себя:

- дополнительную заработную плату в размере 10% ото 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.

$$Z = 1,656 \cdot 1,72 \cdot 0,85 = 2,42 \text{ руб.}$$

$$Ц = \frac{6000 + 3,5 \cdot 670}{31187,3} + 0,2 \cdot 2,422 = 0,75 \text{ руб.}$$

O – общезаводские расходы на 1 м<sup>3</sup> продукции.

$$O = \frac{80}{50 + P} + 0,3Z, \quad (96)$$

Где P – годовая производительность в тыс. м<sup>3</sup>.

$$O = \frac{80}{50 + 31,1873} + 0,3 \cdot 2,42 = 1,7 \text{ руб.}$$

Себестоимость изготовления 1 м<sup>3</sup> железобетонных изделий:

$$C_H = 29,02 + 21,61 + 5,9 + 4,15 + 0,52 + 7,77 + 0,53 + 19,7 + 0,64 + 3,2 + 0 + 0,19 + 2,4 + 2,42 + 0,75 + 1,7 = 100,5 \text{ руб.}$$

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

$$П = C_H + 0,15 \Sigma K, \quad (97)$$

где  $\Sigma K$  – удельные капиталовложения, руб. (включают в себя стоимость здания, склада готовой продукции, спецсооружений, технологического и транспортного оборудования, форм, отнесенную к 1 м<sup>3</sup> изделий).

$$\Sigma K = \frac{18 \cdot 144 \cdot 160 + 660 \cdot 55 + 150000 + 152288}{31187,3} = 24,15 \text{ руб.}$$

$$П = 100,5 + 0,15 \cdot 24,15 = 104,12 \text{ руб./ м}^3$$

Годовая прибыль предприятия:

$$П_P = (Ц_1 - C_H) \cdot P, \quad (98)$$

где  $Ц_1$  – цена 1 м<sup>3</sup> железобетонных конструкций, руб.

$$П_P = (111 - 100,5) \cdot 31\,187,3 = 327466,65 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости:

$$T = (31187,3 \cdot 24,15) / 327466,65 = 2,3 \text{ лет.}$$

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

$C_B$  – себестоимость приготовления бетонной смеси остается неизменной

$$\Sigma C_B = 1,009 \cdot 28,77 = 29,02 \text{ руб}$$

$\Sigma C_{CT}$  – суммарная цена всех видов арматурной стали, расходуемой на 1 м<sup>3</sup>;

Сначала дадим оценку технико-экономических показателей моего проектируемого предприятия до предложенной реконструкции.

При производстве труб способом виброгидропрессования со спирально-перекрестным арматурным каркасом изготавливается спиральный каркас из арматурных стержней класса В - 2 диаметром 4 мм, себестоимость которых составляет 329 рублей на 1 тонну стали. Вес такого каркаса 81,8 кг. Также в изделии применяется ненапрягаемая холоднокатаная лента сечением 20x0,7 мм в количестве 10,4 кг. Её себестоимость составляет 130 рублей за 1 тонну. Тогда себестоимость стали

$$\Sigma C_{CT} = \frac{81,8 \cdot 1,04 \cdot 329 + 10,4 \cdot 1,035 \cdot 0,130}{1000 \cdot 1,42} = 19,64 \text{ руб}$$

$\Sigma C_A$  – суммарные затраты на изготовление спирального каркаса остаются прежними;

$\Sigma C_H$  – суммарные затраты на изготовление продольной арматуры. Так как от продольного армирования было решено отказаться, эти затраты становятся равны нулю.

$$\Sigma C_H = 0 \text{ руб}$$

$C_D$  – себестоимость изготовления закладных деталей на 1 м<sup>3</sup>;

$$C_D = \frac{10,4}{1,42} \cdot \frac{77}{1000} = 0,52 \text{ руб}$$

$C_Y$  – себестоимость укладки в форму ненапрягаемой арматуры и закладных деталей;

$$C_Y = \frac{(81,8+10,2)}{1,42} \cdot \frac{120}{1000} = 7,77 \text{ руб}$$

$C_{HA}$  – стоимость работ по натяжению арматуры. Работы по натяжению арматуры не совершаются

$$C_{HA} = 0$$

$C_{\Phi}$  – себестоимость формования 1 м<sup>3</sup> изделий;

$$C_{\Phi} = 19,7 \text{ руб}$$

$C_{\Pi}$  – себестоимость пара для ТВО на 1 м<sup>3</sup> изделий;

$$C_{\Pi} = 3,2 \text{ руб}$$

$C_{3Г}$  – себестоимость (руб) повышения заводской готовности 1 м<sup>3</sup> изделий, затраты на отделку и доводку изделий. В эти расходы входят затраты на укрупнительную сборку. В данном случае укрупнительная сборка отсутствует, значит

$$C_{3Г} = 0 \text{ руб}$$

$C_{Э}$  – себестоимость электроэнергии, расходуемой на 1 м<sup>3</sup> изделий, руб,

$$C_{Э} = 7,79 - 0,025 = 0,19 \text{ руб.}$$

$C_{О}$  – затраты на содержание и эксплуатацию форм на 1 м<sup>3</sup> конструкции;

$$C_{О} = 0,64 \text{ руб}$$

$C_{ОБ}$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;

$$C_{ОБ} = \frac{30861,85}{311,87} = 3,16 \text{ руб}$$

$Ц$  – удельные цеховые расходы на 1 м<sup>3</sup> для формовочного цеха.

$$Ц = 0,75 \text{ руб.}$$

$О$  – общезаводские расходы на 1 м<sup>3</sup> продукции.

$$О = 1,7 \text{ руб.}$$

Таблица 12 – Амортизационные отчисления на оборудование после модернизации

Наименование оборудования	Число машин	Стоимость		Норма амортизационных отчислений	
		1 шт	общая	%	руб.
Формы	38	1000	38000	32,8	12464
Бетоноукладчик для изделий шириной до 3 м, длиной до 12 м	2	14800	29600	20	5920

Продолжение таблицы 12

Навивочная машина для непрерывного армирования высокопрочной проволоки	2	24000	48000	20,6	9888
распылитель смазки	6	38	228	15,6	35,5
Тележка самоходная грузоподъемностью 20т	2	2410	4820	15,6	751,9
Траверсы грузоподъемностью 20т	6	270	1620	15,6	252,7
Кран мостовой	2	5870	11740	8,4	984,75
Электрический гайковерт	10	4,8	480	15	15
Брезентовый чехол	10	550	5500	10	550
Итого			139,99		30861,85

Себестоимость изготовления 1 м<sup>3</sup> железобетонных изделий:

$$C_H = 29,02 + 19,64 + 5,9 + 0 + 0,52 + 7,77 + 0 + 19,7 + 0,64 + 3,2 + 0 + 19 + 3,16 + 2,42 + 0,75 + 1,7 = 94,61 \text{ руб.}$$

Удельные капиталовложения, руб.;

$$\Sigma K = 24,15 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты:

$$\Pi = 94,61 + 0,15 - 24,15 = 98,23 \text{ руб. / м}^3$$

Годовая прибыль предприятия:

$$P_p = (111 - 94,61) - 31 \cdot 187,3 = 511159,85 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости:

$$T = (31187,3 - 24,15) / 511159,85 = 1,5 \text{ лет.}$$

Сравнение итоговых технико-экономических показателей для производства напорных железобетонных виброгидропрессованных труб с использованием продольной напрягаемой арматуры и для производства с использованием спирально - перекрестного каркаса, исключая продольные стержни приведено в таблице 13.

Таблица 13 - Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Ед. изм.	Базовый вариант	Модернизированный вариант
Годовой выпуск продукции	м <sup>3</sup>	31187,3	31187,3
Годовая выработка на одного рабочего	м <sup>3</sup> / чел	599,75	599,75
Трудоемкость 1 м изделий	м <sup>3</sup> ч/м <sup>3</sup>	3,2	3,2
Себестоимость 1 изделий	руб. / м <sup>3</sup>	100,5	94,61
Приведенные затраты	руб. / м <sup>3</sup>	104,12	98,23
Прибыль	Руб.	327466	511159,9
Срок окупаемости	лет	2,3	1,5

В результате модернизации производственного процесса по выпуску виброгидропрессованных труб сократилась себестоимость выпуска 1 м<sup>3</sup> продукции и срок окупаемости предприятия.

Так как для рентабельных предприятий срок окупаемости должен быть не более 5 лет и в данной работе он составляет 1,5 года, соответственно данное предприятие можно отнести к рентабельному. [13]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время выполнения выпускной квалификационной работы на тему «Производство напорных железобетонных преднапряженных виброгидропрессованных труб» мною был описан типовой способ производства и предложен вариант по улучшению существующей технологии. Также были описаны конструкция используемого оборудования и даны его технические характеристики. Произведен расчет внедряемого оборудования, произведён расчет установки для тепловлажностной обработки, описан способ её автоматизации.

Переход производства на спирально-перекрестное армирование позволяет значительно сократить трудозатраты и время выполнения технологических операций. Было составлено подробное описание организации производства.

Для увеличения долговечности и износостойкости изделия был рассчитан состав тяжелого бетона, который обеспечит длительный срок эксплуатации напорных труб.

С точки зрения технико-экономических показателей, модернизация технологической линии уменьшает себестоимость 1 м<sup>3</sup> изделия и сокращает срок окупаемости предприятия.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов, Ю.М. Технология бетонных и железобетонных изделий / Ю.М. Баженов, А.Г. Комар. - М.: Стройиздат, 1984. - 672 с.
2. Гордон, А.Э. Автоматизация контроля качества изделий из бетона и железобетона / А.Э. Гордон, Л.И. Никулин, А.Ф. Тихонов. - М.: Стройиздат, 1991. - 300 с.
3. ГОСТ 12586.1-83. Трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 3 с.
4. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. -М.: Стройиздат, 1988. - 151 с.
5. Лапир, Ф.А. Машины и оборудование для производства сборного железобетона / Ф.А. Лапир, Э.В. Соколова, Л.А. Волков и др. - М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1983.-276 с.
6. ОНТП 07-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятия сборного железобетона. - М.: Министерство промышленности строительных материалов СССР, 1986 - 52 с.
7. Пат. 2002620 С1 Российская Федерация, 5 В 28 В 21/54. Форма для изготовления железобетонных виброгидропрессованных труб со спирально-перекрестным каркасом и раструбным кольцом / В.С. Гершвальд, В.А. Хрипунов, С.Н. Шатилов, В.Д. Козин и др- №5025295/33; заявл. 30.01.91; опубл. 15.11.93, Бюл. № 41-42. - 6 с.
8. Погорелов, С.Н. Организация, планирование и управление предприятия-ми стройиндустрии: учебное пособие /С.Н. Погорелов. - Челябинск: Изд. ЧГТУ, 1995-26 с.
9. Попов, А.Н. Производство железобетонных напорных виброгидропрессованных труб /А.Н. Попов, А.Л. Ционский, В.А. Хрипунов. - М.:Стройиздат, 1979. – 258 с.
10. Правила техники безопасности и производственной санитарии в производстве сборных железобетонных и бетонных конструкций и изделий. - М.: Стройиздат, 1988. - 128 с.

11. Проектирование заводов сборного железобетона / М.М. Борщ, Б.В. Прыкин, В.П. Белогуров и др. - Киев: Будивельник, 1968. - 269 с.
12. Производство сборных железобетонных изделий: сборник / под ред. К.В. Михайлова, К.М. Королева. - М.: Стройиздат, 1989. - 447 с.
13. Рекомендации по определению расчетной стоимости и трудоемкости из-готовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования. - М.: Стройиздат, 1987. - 144 с.
14. СНиП 3.09.01-1985. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. - М.: Стройиздат, 1985. - 49 с.
15. Стефанов, Б.В. Технология бетонных и железобетонных изделий / Б.В.Стефанов, Н.Г. Русанова, А.А. Волянский. - Киев: Вища школа, 1982. - 406 с.
16. Трофимов, Б.Я. Технология бетона, строительных конструкций: учебное пособие к практическим занятиям/Б.Я. Трофимов. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998.-86 с.
17. Трофимов, Б.Я. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебное пособие к практическим занятиям /Б.Я. Трофимов - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. - 68 с.
18. Цителаури, Г.И. Проектирование предприятий сборного железобетона / Г.И. Цителаури. - М.: Высш. шк., 1986. - 312 с.
- 19.Чудновский, Д.М. Экономика промышленности сборного железобетона / Д.М. Чудновский. - М.: Стройиздат, 1977. - 348 с.
20. Шихненко, И.В. Краткий справочник инженера-технолога по производству железобетона / И.В. Шихненко. - Киев: Будивельник, 1974. - 253 с.