

АННОТАЦИЯ

Су Пань Производство
железобетонных преднапряженных
центрифугированных безнапорных
труб на заводе ЖБИ-1 г. Челябинска.
Челябинск: ЮУрГУ, Стр.мат., 2021, 90с,
2 ил, 8 табл.
Библиографический список – 20
наименования.

В выпускной квалификационной работе представлены материалы, полученные во время прохождения преддипломной практики и необходимые для написания выпускной квалификационной работы на тему «Производство железобетонных преднапряженных центрифугированных безнапорных труб на заводе ЖБИ-1 г. Челябинска.».

					08.03.01.2021.237.00.00.ПЗ			
<i>Изм</i>	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Су Пань				Производство железобетонных преднапряженных центрифугированных безнапорных труб на заводе ЖБИ-1 г. Челябинска.	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>	Погорелов С.Н.					<i>КП</i>	6	90
<i>Нормоконтр.</i>	Черных Т.Н.					ЮУрГУ (НИУ) Кафедра «Строительные ма- териалы и изделия»		
<i>Зав. каф.</i>	Орлов А.А.							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
РАЗДЕЛ 1 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ.....	10
1.1 История предприятия.....	10
1.2 Планировочное решение участка.	12
РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	14
2.1 Основные данные и размеры	15
2.2 Технические правила	16
2.3 Метод приема.....	20
2.4 Требования к приемке.....	20
2.5 Способы контроля теста	22
2.6 Знак, хранение и транспортировка	24
2.7 Расчет бетонных компонентов.....	27
2.8 Развитие производственной структуры	32
РАЗДЕЛ 3. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	35
3.1 Описание работы бетоноукладчика СМЖ-96Д.....	36
3.2 Расчет бетоноукладчика СМЖ-96Д	40
РАЗДЕЛ 4. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.....	45
4.1 Исходные данные	45
4.2 Материальный баланс камеры.	47
4.3 Тепловое равновесие.....	48
РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	57
РАЗДЕЛ 6. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА	61
РАЗДЕЛ 7. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87

ВВЕДЕНИЕ

В период бывшего Советского Союза, в начале 20 века, при широкомасштабном развитии промышленного производства, создании новых жилых районов и бурном развитии городов, строительная отрасль быстро развивалась. Количество производственных материалов и конструкций изделий, необходимых для строительства домов, постоянно увеличивается, поэтому необходимо развивать производственные технологии изготовления трубопроводов.

За предыдущие 75 лет под строительство было переделано большое количество объектов для транспортировки жидкостей различного назначения.

БРазнообразные трубопроводы прокладываются в почвенных условиях, которые нелегко установить. Во многих случаях это связано с различиями в влажности почвы. В разных городских условиях, сложных и разнообразных. При проектировании водопроводных труб следует уделять больше внимания конструкции фундамента и фундамента, а также технологии строительства трубопровода и его устойчивости к различным дефектам. Согласно опыту эксплуатации трубопроводов, построенных с учетом различных требований к грунту, особенно важно учитывать разнообразие их работы в процессе проектирования и монтажа. В противном случае существует риск несчастных случаев и повреждений, что приведет к высоким затратам на техническое обслуживание и ремонт.

Анализ отказов и деформаций трубопроводов показывает, что при большинстве факторов инженерная конструкция и качество продукции, построенной на слабонасыщенной водной глине, в значительной степени зависят от необходимости требований применяемой технологии.

Трубы из предварительно напряженного бетона широко используются при строительстве водопроводных сетей с различным земельным участком по всему миру.

В бывшем Советском Союзе до 1991 года его общий объем производства достигал около 677 000 кубометров. Позже, в начале 21 века, государство планировало увеличить выпуск железобетонных безнапорных труб до 1,5 миллиона кубометров в год; к 1991 году производство началось чтобы достичь примерно 677 000 кубометров. К началу 21 века объем производства железобетонных безнапорных труб планируется довести до 1,5 млн кубометров в год.

Сейчас в Российской Федерации резко упал выпуск железобетонных безнапорных труб, средний годовой объем производства которых составляет около 45 000 кубических метров, в основном за счет центрифугированного безнапорного труб. Они используются в различном инженерном оборудовании, Особенно в области водоснабжения и водоотведения.

Причина частого использования железобетонных безнапорных труб - их высокие технико-экономические показатели по сравнению с трубами из других материалов. А причина масштабного снижения производства труб для центрифугированных заключается в том, что после распада Советского Союза большая часть производственных предприятий находилась в странах СНГ, в то время как большинство компаний, оставшихся в России, сократили производство сельскохозяйственной техники.

В настоящее время существует множество причин для ремонта и замены существующих водопроводных труб и новых водопроводных труб. Среди них можно назвать следующие ситуации: существующая система водоснабжения сильно истощена, потребность в улучшении условий жизни людей и санитарии, а также быстрое промышленное строительство. Преобразование и строительство новых водопроводов особенно важны, поэтому это приведет к увеличению производства железобетонных безнапорных труб, в основном центрифугированных безнапорных труб.

В 20 веке были проведены другие работы по созданию технических линий для производство труб методом радиального прессования.

Этот метод по сравнению с центрифугированием и виброформованием более производителен, экономичен, его легче механизировать и автоматизировать, а это приводит к улучшению качества выпускаемой продукции. Результатом изменения метода армирования является снижение износа трубопровода и расхода сырья, которые являются их основными недостатками.

Он также может организовать гибкий производственный цикл, поэтому при небольшом переоборудовании оборудования можно эффективно производить армированные трубы без давления, низкого давления и без давления.

РАЗДЕЛ 1 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ.

1.1 История предприятия

Завод ЖБИ №1 в Челябинске - один из пионеров железобетонной промышленности в России.

В 1958 году с конвейера сошла первая партия продукции завода: пустотные перекрытия, плиты промышленных зданий, дорожные плиты. В 2001 году коллектив завода начал производство железобетонных шпал, стоек опор ЛЭП, колонн и ригелей для многоэтажных каркасных зданий.

Сегодня завод является одним из крупнейших предприятий не только на Южном Урале, но и во всей России, выпускающим широкий спектр продукции, в том числе для жилищного, дорожного строительства. Промышленность, машиностроение, коммуникации и т.д.

Челябинск- находится в полосе резко-континентального климата. Зона влажности района - сухая.

Климатическая зона строительства - I В.

Преобладающее направление ветров: зимнее - Юго-Западное; летнее - Северо-Западное;

Таблица 1 – Значения повторяемости и скорости ветра в городе Челябинск

Месяц	Повторяемость, % / Скорость ветра, м/с							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	7/4,4	3/4,2	2/2,8	7/2,4	20/3,1	38/3,1	10/3,5	13/4,5
Июль	20/4,5	12/4,4	7/3,7	5/2,3	7/2,9	12/3,2	12/3,9	25/4,5

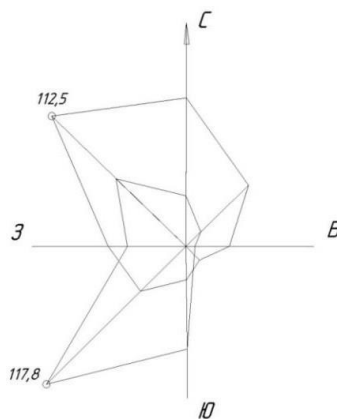


Рисунок 1 – Годовая роза ветров г. Челябинска по многолетним данным

Показатели климатических условий Челябинска взяты из СП 131.13330.2018

«Строительная климатология» [20] и характеризуются следующим образом:

- среднегодовая температура воздуха $+2,8^{\circ}\text{C}$
- среднемесячная температура воздуха в январе от -14°C до -28°C
- среднемесячная температура воздуха в июле от $+12^{\circ}\text{C}$ до $+21^{\circ}\text{C}$
- господствующие ветры теплого периода года: западный и северо-западный $3...4$ (м/с), но при грозах усиление ветра до $16...25$ (м/с)
- господствующие ветры зимнего периода года: южный и юго-западный $3...4$ (м/с), а при метелях около $16...28$ (м/с);
- среднегодовое количество осадков – 439 (мм);
- среднегодовое значение атмосферного давления составляет $737...745$ мм рт.ст;

Нормативные нагрузки приняты по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [21]:

- снеговая нагрузка – 150 кг/м² (III снеговой район);
- ветровая нагрузка – 30 кг/м² (II ветровая зона).

№ на плане	Наименование и обозначение	№ на плане	Наименование и обозначение
1	Проектируемый цех	12	БСЦ-2
2	Формовочный цех N1	13	Зона отдыха для сотрудника
3	Формовочный цех N2	14	Ж/Д депо и склад цемента
4	Склад готовой продукции N1	15	Котельная
5	Склад готовой продукции N2	16	Этажная парковка
6	БСЦ-1	17	Склад подзем. горючего
7	Заводоуправление	18	КПП
№ на плане	Наименование и обозначение	№ на плане	Наименование и обозначение
8	Формовочный цех N3	19	Управление
9	Склад заполнителей N1	20	Площадка для разворота пожарных машин
10	Профком	21	Гипсовый завод
11	Центральный распределительный пункт	22	Склад заполнителей

Основой для разработки планировки зданий промышленного предприятия «ЖБИ-1» являются функциональная схема и график производственного процесса, в соответствии с которыми должно обеспечиваться независимое и при необходимости последовательное прохождение заводских транспортных средств в соответствии с производственным процессом.

Здания и сооружения размещены на участке в соответствии функциональными и технологическими требованиями.

Въезды – выезды на территорию завода осуществляются со стороны ул. Героев Танкограда. Участок ограждается забором. Территория завода благоустраивается и озеленяется.

Рельеф участка имеет склон с падением в западном направлении. Вертикальная планировка участка решена в увязке с прилегающей территорией.

К зданиям и сооружениям запроектированы проезды шириной 7,5-9,5м. покрытие поездов и площадок бетонное. На территории комплекса запроектирована однопутная, тупиковая железнодорожная ветвь.

Доставка сырья в производственный корпус со складов производится посредством кранового транспорта, а вывоз с территории завода - ж/д транспортом.

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Центрифугирование - один из наиболее распространенных способов изготовления железобетонных труб, особенно низконапорных и безнапорных. Необходимость производства таких труб очевидна, т.к. они применяются и при благоустройстве территорий, и в мелиоративном строительстве и т.д. Производство их было довольно широко освоено на территории бывшего СССР и даже в настоящее время, несмотря на значительное сокращение объемов производства, выпуск этой продукции не прекращается.

Характеристики и требования к продукции регулируются ГОСТ 6482.0 и ГОСТ 6482-2011. В настоящее время в основном производится методом центрифугировоческого , что по сравнению с другими методами помощью центрифугирования можно изготавливать бетонные трубы с большой длиной и стенками различной толщины.

Трубы этого типа различаются типом используемых стержней, которые придают изделиям дополнительную прочность. Такие железобетонные трубы имеют более высокие технические характеристики по сравнению с известными аналогами. Более высокие показатели по прочности и трещиностойкости, морозостойкости (не менее F200) и водонепроницаемости (не менее W6).

Необходимо, чтобы стенки труб обеспечивали водонепроницаемость грунтовых вод (инфильтрацию) в канализационную сеть и сточных вод в окружающую среду, сопротивляемость при движении тяжелых частиц по дну канала механическим воздействиям, стойкость к разрушению от химического воздействия сточных вод с содержанием кислот и щелочей, действия блуждающих токов. Качество поверхностей внутренней части раструба позволяет обеспечивать быстроту и технологичность монтажа, а также достигать практически абсолютной герметичности трубопровода, т. к. поверхность обработана методом шлифования.

2.1 Основные данные и размеры

По несущей способности железобетонные трубы безнапорные делят на три класса прочности, причём увеличение несущей способности осуществляется в основном за счет армирования при неизменной толщине стенки для одного диаметра:

1 группа — до 2 метров до верха трубы;

2 группа — до 4 метров до верха трубы;

3 группа — применяется при расчетной высоте засыпки грунтом до 6 метров до верха трубы.

Трубы предназначены для прокладки подземных трубопроводов, транспортирующих самотеком бытовые жидкости и атмосферные сточные воды, а также подземные воды и производственные жидкости, не агрессивные к железобетону и уплотняющим резиновым кольцам.

Трубы имеют диаметр условного прохода 400, 500, 800, 1000, 1200 и 1500 мм. и полезную длину - 2,5 м.

Трубы подразделяются на три группы несущей способности:

первую - при расчетной высоте засыпки грунтом 2м;

вторую - при расчетной высоте засыпки грунтом 4м;

третью - при расчетной высоте засыпки грунтом 6м;

В арматуре безнапорной трубы используется катанка периодического профиля марки Вп-II в продольном направлении, вставляется спиральный каркас из гладкой катанки марки В-II и закрепляется мотком горячекатаной полосы сепаратора. металл. Катящиеся полосы.

Если трубопровод необходимо защитить от других воздействий паразитных токов, вызывающих электрическую коррозию, могут быть изготовлены безнапорные трубопроводы со специальными закладными деталями, присоединенными к трубопроводной арматуре. Это создаст электрический мост между соседними трубами.

В ГОСТ 6482-2011 приведены соответствующие показатели схемы и технологии поэтапного армирования.

Трубопроводы классифицируются по требованиям ГОСТ 23009-78.

Марка трубопровода состоит из двух буквенно-цифровых групп, разделенных двумя буквенно-цифровыми группами.

Дефис Первая группа содержит аббревиатуру трубы и номинальный диаметр трубы (в дециметрах). Вторая группа представлена как категория трубопровода. Для труб, внутреннее давление которых превышает расчетное значение, вторая группа заполняется строчной буквой «у», а для труб с закладными изделиями - строчной буквой «к».

Трубу номинальным диаметром 2400 мм и классом III обычно обозначают в качестве примера: ТН100-III.

2.2 Технические правила

Трубопровод в обязательном порядке изготавливать в соответствии с требованиями настоящего регламента и соответствующей технической документации, а также в установленном порядке по чертежам, приведенным в ГОСТ 6482-2011.

Качество труб по показателям водонепроницаемости следует устанавливать по результатам испытаний на действие внутреннего гидростатического давления, равного 0,05 МПа.

Для герметизации стыковых соединений труб применяют уплотнительные кольца из эластомерных материалов, например резины круглого или трапециевидного сечения, герметики и другие материалы, соответствующих требованиям действующих на них нормативных документов.

Труба должна быть устойчивой к растрескиванию. Под действием внутреннего испытательного гидростатического давления, указанного в таблице 3, бетон трубы не может растрескаться.

Диаметр условного прохода трубы d_2 мм	Марка трубы	Контрольное внутреннее гидростатическое давление, МПа (кгс/см ²), при проверке трещиностойкости трубы	
		при приемо-сдаточных испытаниях (при возрасте бетона 2 сут.)	при возрасте бетона к моменту испытания 100 сут.
1000	ТН100-I	2,45 (25)	2,35 (24)
	ТН100-II	1,91 (19,5)	1,86 (19)
	ТН100-III	1,37 (14)	1,37 (14)

Таблица 3 - Внутреннее давление воды для определения трещиностойкости трубы

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

- основание под трубой - грунтовое плоское для труб диаметром условного прохода 400-500 мм. или грунтовое профилированное с углом охвата 90 градусов для труб, диаметром условного прохода 800-1500 мм;

- засыпка грунтом, плотностью 16,7 кН/куб.м. (1,7 тс/куб.м.) с углом внутреннего трения - 30 градусов и нормальной (неконтролируемой) степенью уплотнения для труб диаметром условного прохода 400-800 мм. и повышенным уплотнением для труб, диаметром условного прохода 1000-1500 мм.

Трубы обозначаются марками в соответствии с ГОСТ 23009 и ГОСТ 6482-88. Марка труб состоит из буквенно-цифровых групп, разделенных дефисом.

Первая группа содержит обозначение трубы, ее диаметр условного прохода в сантиметрах и полезную длину в дециметрах. Во второй группе указывается несущая способность, обозначаемую арабской цифрой..

Пример:

- диаметр условного прохода 800 мм., полезной длиной 2,5 м. 2-й группы по несущей способности: ТС-80.25-2;

- диаметр условного прохода 1500 мм., полезной длиной 2,5 м. с подошвой 3-й группы по несущей способности: ТСП-150.25-3.

Качество материалов, используемых для изготовления бетонных труб, должно соответствовать конкретным техническим правилам, указанным в стандарте, и соответствовать следующим требованиям:

цемент – ГОСТ 10178-85;

заполнители - ГОСТ 8267-93 и ГОСТ 8736-93* (наибольшая крупность зерен крупного заполнителя - 10 мм.);

вода – ГОСТ 23732-79.

Для каркасов труб следует применять арматурные стальные стержни классов А240 (АІ) и А400 (АІІ) по ГОСТ 5781

Армированный проволочный каркас должен соответствовать нормам: классы В-І и Вр-І по ГОСТ 6727-80.

Лента стальная холоднокатаная из низкоуглеродистой стали (для разделительных полос) должна соответствовать требованиям ГОСТ 503-81.

Размер и размеры изделий для армирования и заделки труб должны соответствовать габаритам изделий, указанным в ГОСТ 6482-2011.

Схема армирования изделия представлена на рисунке 2.

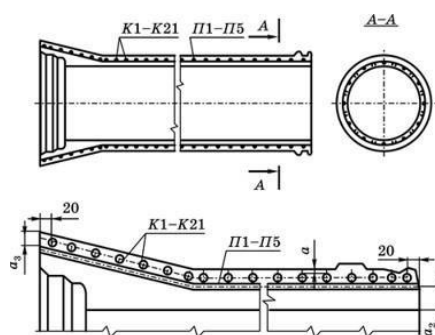


Рисунок 2 – Схема армирования изделия

Качество применяемых при изготовлении бетона добавок соответствует требованиям ГОСТ и ТУ на эти добавки.

На рисунке 3 показаны продольная арматура и спиральный каркас.

- рамка марки К12 в количестве 1 шт.;
- стержни продольные марки П2 в количестве 24 шт..

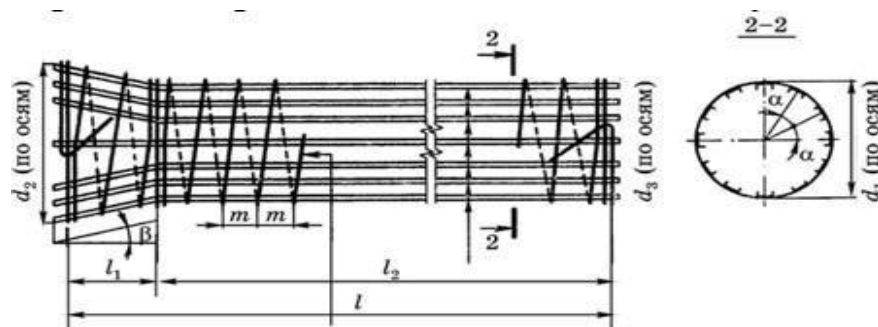


Рисунок 3 –Продольная арматура и спиральный каркас Выбор стали для

каждой трубы:

- Арматура по ГОСТ 7348:
 - Вр-П Ø 5 мм – 19,2 кг;
 - В-П Ø 4 мм – 81,8 кг;
- Сталь прокатная по ГОСТ 503: сечение 20×0,7 мм – 10,4 кг.

Общее количество стали на трубу 111,4 кг..

Для производства этих труб не требуется навиваемой арматуры и укладки защитного слоя. Стальные формы для безнапорных труб применяют двух типов: для труб диаметром

- 500... 1000 мм – длиной 4200 мм, а для труб диаметром
- 300... 400 мм - длиной 3200 мм;

Требования к бетону таких труб согласно нормативной документации:

по прочности на сжатие класс – не менее В30, водонепроницаемость – W4, водопоглощение не должно быть более 6% по массе.

- следы (риски) шириной и глубиной более 1,5 мм на торцевой поверхности муфты от шлифовального инструмента;
- более трех оболочек на площади 0,01 м² (100x100 мм) на любой части поверхности стыка.

Трубопровод не должен иметь отслоения внешнего защитного слоя бетона. Окружные и продольные размеры трубы не могут превышать расслоение бетонного покрытия 0,4d, можно устранить с помощью материалов, защищающих арматуру от коррозии..

Концы продольной предварительно напряженной арматуры труб не должны выступать из бетона и вместе с прилегающими участками бетонной поверхности должны быть покрыты казеиново-цементным покрытием толщиной 0,5 - 0,6 мм. Состав компаунда по массе 1: 0,05: 0,4 (цемент, казеиновый клей, вода). Допускается использование покрытий из других нетоксичных материалов, обеспечивающих коррозионную и механическую прочность покрытия.

2.3 Требования к приемке

Производителям необходимо обеспечить потребителей трубами с резиновыми уплотнениями (одна труба, одно кольцо) и изготовить их с сертификатами по техническим условиям. Размер уплотнительного кольца в нерастянутом состоянии должен соответствовать размеру изделия, указанному в ГОСТ 22000-76.

Согласно требованиям потребителей, производитель должен предоставить дополнительные уплотнительные резиновые кольца в количестве, согласованном обеими сторонами.

2.4 Метод приема

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

Трубы принимают:

- по результатам периодических испытаний - по показателям шероховатости внутренней поверхности труб;
- По результатам приемочных испытаний - водонепроницаемость и трещиностойкость трубопровода, наличие электрических контактов, встроенных в изделие, прочность бетона (требования к пропусканию и массе прочности стального стержня, уровень прочности на сжатие). Отрыв и толщина защитного слоя бетона, качество поверхности трубопровода и т. Д.

Приемная труба По их водонепроницаемости, наличие закладных изделий и электрического контакта между ними По отклонению от внутреннего диаметра раструбные трубы как внутренней поверхности воронки, так и наружной поверхности втулочного конца трубы, По наличию наружной защиты наружных трещин и бетонных трещин. продольное предварительное напряжение арматуры, а также правильное нанесение маркировочных надписей и знаков следует проводить по результатам полного контроля.

По завершении испытания, если на верхней части трубы не обнаружено капель, мокрых пятен или просачивающейся фильтрации воды, считается, что труба выдержала испытание на водонепроницаемость.

Каждую партию следует проверять на растрескивание на одной трубе. Когда контрольная трубка соответствует требованиямна момент завершения, считается, что эта партия труб прошла испытание на вязкость разрушения. После достижения испытательного давления отфильтруйте воду в виде капель или влажных пятен. Водонепроницаемость - это не тест на растрескивание. Трубопроводы, не прошедшие испытания на водонепроницаемость и трещиностойкость, необходимо повторно испытать. Повторное испытание трубопровода трубы,

помещенные во влажные условия, необходимо испытать на водонепроницаемость через 7 или 2 дня после первого испытания (при пропитке трубы жидким стеклом или композитными материалами на его основе). Среди партий, не прошедших испытание на растрескивание, выберите две безнапорных труб, которые не тестировались ранее, и повторите испытание.

Если безнапорных труб 0, I и II классов при повторных испытаниях на водонепроницаемость или трещиностойкость не соответствуют требованиям настоящего стандарта по этим показателям, то они могут быть перемаркированы с переводом на класс ниже.

Безнапорных труб считаются прошедшими испытание на наличие электрического контакта между закладными изделиями, если значение сопротивления цепи не превышает 1 Ом. Трубы, не имеющие электрического контакта между закладными изделиями, разрешается размещать как безнапорных трубы без закладных изделий.

Наличие отслоения наружного защитного слоя бетона устанавливается по глухому звуку при ударе молотком по верхней части безнапорных трубы.

2.5. Способы контроля теста

Гидростатические испытания труб на водонепроницаемость и трещиностойкость следует проводить после двухдневного отверждения в мастерской.

Величину испытательного давления определяют с помощью манометра, имеющего II класс точности и градуировку не более 0,05 МПа (0,5 кгс / см²).

Гидростатическое испытание труб проводится в следующем режиме. Трубы испытывают повышением давления на 0,1 - 0,25 МПа (1 - 2,5 кгс / см²) в минуту до значений, указанных в технических требованиях, выдерживают испытательное давление в течение 5 минут. При испытании труб на трещиностойкость допускается падение давления не более 0,1 МПа (1 кгс / см²). Допускается использование ультразвукового метода для контроля и оценки трещиностойкости труб по ГОСТ 24983.

Контроль наличия электрического контакта между закладными изделиями трубы осуществляется омметром с градуировкой не более 0,5 Ом.

Прочность бетонных труб следует определять по ГОСТ 10180-78 на серии кубиков-образцов с ребром 100 мм, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава и упрочненных в условиях по ГОСТ 18105-86. Прочность бетона на сжатие следует определять испытанием вибрирующих образцов, а раскол при растяжении - испытанием образцов, изготовленных вибрацией и последующим прессованием под давлением 0,2 МПа (2 кгс / см²).

Толщина защитного слоя бетона в трубах определяется с помощью электромагнитного устройства типа ИЗС по ГОСТ 22904-76 или другими методами, обеспечивающими требуемую точность измерения. При отсутствии приборов допускается определение толщины защитного слоя бетона путем его пробивки в трех местах трубы: в середине раструба, на переходе от раструба к цилиндрической части трубы. и в муфте конца трубы на расстоянии 300 мм от. Зачистку защитного слоя в каждом из указанных мест проводят по внешнему диаметру не менее чем в трех точках (через 120 °) с последующей обязательной заделкой сколов раствором состава массой 1: 2,5. : 0,4 (цемент, песок).

Качество поверхности и размер трубопровода необходимо контролировать в соответствии с ГОСТ 13015-75 и настоящим стандартом. Необходимо контролировать геометрические размеры трубопровода, использовать стандартные средства измерений или другое оборудование, чтобы обеспечить требуемую точность измерений и получить аттестат органа метрологической службы. Размер трубопровода проверяется следующим образом:

- Внешний диаметр головки трубы и муфты измеряется двумя перпендикулярными калибрами диаметра;
- Измерьте толщину стенки в четырех точках в середине соединения с помощью штангенциркуля или другого инструмента на двух перпендикулярных диаметрах в 300 мм от конца втулки;
- Измерьте внутренний диаметр калибровочной части муфты внутренним штангенциркулем или штангенциркулем на двух взаимно перпендикулярных диаметрах на расстоянии 40, 80 и 110 мм от конца трубы;
- Измерьте два взаимно перпендикулярных диаметра на расстоянии 500 мм от конца трубы до внутреннего диаметра трубы посредством внутренних измерений.

2.6 Знак, хранение и транспортировка

Маркировка труб - по ГОСТ 13015.2-81. На внешней поверхности раструба каждой трубы должны быть нанесены разметки и знаки. Требования к документу о качестве труб, поставляемых потребителю, по ГОСТ 13015.3-81. В документе о качестве труб должны быть дополнительно указаны значения параметров шероховатости внутренней поверхности труб, а также марка уплотнительных резиновых колец и обозначение технических условий на эти кольца.

Используйте балки для перемещения трубы, чтобы предотвратить ее повреждение. Прокладывать прокатные трубы на барабане разрешается только таким способом,

На складе готовой продукции трубы должны храниться в соответствии с классификацией марки, чтобы трубы не поддерживались роликами или гильзами и кожухами на полу. Количество рядов указанной высоты трубы в Таблице 4 не может превышать ее.

Таблица 4 –Количество рядов труб, разделенное на высоту

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

Под нижним рядом дымохода в каждом ряду требуется прокладывать по две прокладки.

Конструкция прокладки не должна допускать выкатывания первого ряда труб. 1 м от конца трубы. Прокладка устанавливается параллельно цилиндрической части трубы, а футеровку необходимо прикрепить к месту постоянного хранения трубы на объекте. Трубы укладываются в ряд так, чтобы устья двух труб в ряд были обращены в разные стороны. Трубы каждого следующего ряда следует располагать перпендикулярно предыдущему ряду по длине.

При погрузке труб на транспортные средства и их разгрузке необходимо принять меры, чтобы исключить возможность повреждения труб. Автомобили или железнодорожные платформы, предназначенные для перевозки труб, должны иметь седловые опоры, исключающие возможность смещения и соприкосновения труб.

При выполнении погрузочно-разгрузочных работ с трубами не допускаются:

- использование цепей и тросов с узлами или выступами, которые могут повредить бетон;
- перенос труб при закреплении кабеля в одной плоскости или пропускании его через трубу, а также с помощью крючков, зацепленных за концы трубы;
- перемещение труб по земле путем перетаскивания;
- разгрузка труб свободным падением;

– перемещение труб без катков или без подкладок.

Таблица 5 – Общие показатели железобетона изделия

Тип или марка изделия	Характеристики бетона				Объем бетона, м ³	Расход арматуры, кг			Масса изделия, т
	Всж	R _{расп} , МПа	W	F		Напрягаемой	Ненапрягаемой	всего	
ТН100-III	40	28	10	200	1,42	101	10,4	111,4	3,55

Изготовление безнапорных труб, так же как и напорных, начинают с подготовки форм: очистки, смазки и сборки. Внутри форм вставляют арматурные каркасы, а затем надевают днища форм. После этого форму с каркасом устанавливают на центрифугу. При вращении центрифуги внутрь формы с помощью ленточного питателя или ложечного бетоноукладчика подают бетонную смесь, которая ложится ровным слоем по всей поверхности формы. После укладки бетона формы с изделием с помощью крана или кантователя устанавливают раструбом вниз в вертикальном положении на пост пропаривания. Пропаривание ведут по такому же режиму, как и для напорных труб. После приобретения бетоном 70% проектной прочности форму приводят в горизонтальное положение, разбирают, извлекают из нее изделие и направляют на склад готовой продукции.

Производство железобетонных безнапорных труб можно вести и в вертикальных установках. Пустотообразователи с виброголовкой заглублены в колодце. На очищенный и смазанный поддон укладывают два арматурных каркаса. Затем формовочную раму переводят в горизонтальное положение и соединяют с поддоном замковым механизмом. Далее формовочную и горизонтальную рамы возвращают в первоначальное положение. После подачи пустотообразователя в формы через направляющие и раструбообразователи начинают укладывать бетон. Процесс формования длится 15 мин, затем извлекают пустотообразователи и формовочную раму устанавливают в горизонтальное положение: Верхнюю полуформу возвращают в вертикальное положение, а поддон с отформованным изделием перемещают в камеру пропаривания.

Масса стали для одинарной трубы 92,2 кг..

К тому же общие показатели железобетона, производимого каждой трубой, будут разными.

Таблица 6 – Общий индекс армирования железобетонных изделий
Крестовина спиральная рама.

Тип или марка изделия	Характеристики бетона				Объем бетона, м ³	Расход арматуры, кг			Масса изделия, т
	В _{сж}	R _{расп} , МПа	W	F		Напрягаемой	Ненапрягаемой	всего	
ТН100-III	40	28	10	200	1,42	81,8	10,4	92,2	3,53

2. 7 Расчет бетонных компонентов

2. 7. 1 Средний уровень прочности

В зависимости от $V_{II} = 8 \%$ средний уровень прочности определяется формуле:

$$R_y = R_T \cdot K_{МП} = V_H \cdot K_T \cdot K_{МП}, \quad (1)$$

где R_T – Потребности в силе, МПа;

V_H – нормируемая по классам прочность, (38 МПа);

K_T , – коэффициент требуемой прочности, $K_T = 1,09$;

$K_{МП}$ – коэффициент, зависящий от среднего за анализируемый пер од коэффициента вариации V_{II} ($K_{МП} = 1,07$).

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

2.7.2 Цементно-водное отношение (Ц/В)

(Ц/В)₁, обеспечивающее средний уровень прочности бетона в возрастесуток нормального твердения:

$$C/B_1 = \frac{(R_y - 0,06R_{ц} + 10)}{(0,24R_{ц} + 10)}, \quad (2)$$

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.

$$C/B_1 = \frac{(44,3 - 0,06 \cdot 49,0 + 10)}{(0,24 \cdot 49,0 + 10)} = 51,36/21,76 = 2,3$$

где $R_{цп}$ – предел прочности при сжатии после пропаривания, МПа. Согласно

ГОСТ 10178-85 для ПЦ I группы $R_{цп} = 32$ МПа.

$$C/B_2 = \frac{(44,3 \cdot 0,7 + 0,37 \cdot 32 + 3,22)}{(0,43 \cdot 32 + 5,6)} = 2,4$$

Из двух значений C / B выбираем большее ($C / B_2 = 2,4$) и принимаем его для выбора исходного состава бетона.

Необходимо также учесть водопоглощение крупного заполнителя, так как оно более 0,5% по массе (7%). При всасывании воздуха 4% принятое значение C / B увеличивается на 0,02.

$$C/B = 2,4 + 0,02 = 2,42$$

2.7.3 Расход воды.

Для исходного состава бетона количество необходимой воды для затворения берется исходя из заданной технологичности бетонной смеси, типа и наибольшего размера заполняющего материала.

При прогнозируемой подвижности бетонной смеси, соответствующей осадке конуса 1-4 см и крупности щебня 10 мм, расход воды составляет 200 литров на 1 м³. Поскольку D / B не меньше 1,25 и не больше 2,5, расход воды не меняется. В качестве мелкого наполнителя используется песок $M_k = 2,0$ - расход воды не меняется.

$B = 200$ л на 1 м³ бетонной смеси.

2.7.4. Расход цемента.

На каждый 1 кубометр бетонной смеси кг рассчитайте расход цемента в исходном составе бетона:

$$\text{Ц}_p = \text{В} \cdot \text{Ц}/\text{В}, \quad (4)$$

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

Расчетный расход цемента Ц_р сравнивается с минимально допустимым по ГОСТ 26633-91 Ц_{мин}. Расход цемента Ц_{мин} = 220 кг и с элементарными нормативами расхода ЦЭ, приведенными в СНиП 82-02-95. В этом случае должно выполняться условие:

$$\text{Ц}_{\min} \leq \text{Ц}_p \leq \text{Ц}_э$$

$$\text{Ц}_э = \text{Ц}_б \cdot \text{К}, \quad (5)$$

где Ц_б – базовые нормы расхода цемента, кг; К

– корректирующий коэффициент.

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

$$\text{К} = \text{К}_1 \cdot \text{К}_2 \cdot \text{К}_3 \cdot \dots \cdot \text{К}_i, \quad (6)$$

где К₁ · К₂ · К₃ · ... · К_i – коэффициенты зависящие от свойств материала.

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

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

К₃ = 1 для цементов II группы эффективности при пропаривании;

К₄ = 1 для бетона на щебне;

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

К₆ = 1 для щебня с содержанием зерен лещадной 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.

$$\begin{aligned} K &= 0,92 \cdot 1,05 \cdot 1,07 \cdot 1,08 = 1,12 \text{ Цэ} \\ &= 580 \cdot 1,12 = 649,6 \\ 220 &\leq 484 \leq 649,6 \end{aligned}$$

2.7.5 Расход добавок.

Расчетное количество цемента находится в допустимом диапазоне, но для обеспечения коррозионной стойкости рекомендуется добавлять в бетонную смесь микрокремнезем. Количество необходимого цемента может быть уменьшено на 20% без потери прочностных характеристик, а количество воды, необходимой для перемешивания, может быть увеличено до 25%. С этой добавкой водостойкость продукта снижается на 50% и повышается сульфатостойкость. Кроме того, изделие обладает определенной степенью износостойкости.

Чтобы снизить водопотребность и сохранить подвижность бетонной смеси, необходимо вместе с микрокремнеземом добавить пластификатор.

Когда эти две добавки используются в сочетании друг с другом, пластификатор будет препятствовать затвердеванию, и порошок кремния будет ускоряться.

Добавьте в бетонную смесь следующие добавки:

- Пластификатор GleniumSky 505 с дозировкой 1,2% от массы цемента;
- Доля 10% от массы цемента, микрокремнезем МК-65.

После этого добавленная масса составляет:

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

Масса цемента

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

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

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

Количество воды уменьшается за счет добавления пластификатора, что значительно снижает расход воды для затворения.

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

Цементно-водное отношение (Ц/В) = 2,6

2.7.6 Определение необходимого объема заполнителей.

Поскольку использовалась воздухововлекающая добавка, обеспечивающая 40 л (4%) равномерно распределенных пузырьков воздуха в бетонной смеси, объем бетонной смеси будет $1000 \text{ л} - 40 \text{ л} = 960 \text{ л}$

Тогда абсолютный объем заполнителя будет

$$V_з = 960 - Ц/\rho_ц - В/\rho_в - Д/\rho_д \quad (7)$$

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

2.7.7 Расчет количества крупного и мелкого заполнителя

Поскольку щебень NC составляет 10 мм, расход цемента 425,4 кг для песка рассчитывается методом интерполяции на основе значений γ для щебня NC. $\gamma = 0,38$. При Мк песка 2,5 его доля увеличивается $\gamma = 0,38 + 0,03 = 0,383$

Количество мелкого заполнителя (песка):

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

Количество крупного заполнителя (щебня):

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

2.7.8 Расход материалов по массе на 1м³ 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 массового соотношения цемента, песка и крупного заполнителя (с учетом расхода цемента на единицу) при $C / W = 2,6$

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

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

$$\rho = \text{Ц} + \text{П} + \text{Щ} + \text{В} + \text{Д}$$

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

Следовательно, это обеспечит необходимые прочностные характеристики и более длительный срок службы, а в состав бетонной смеси следует добавлять микрокремнезем и пластификатор.

2.8 Развитие производственной структуры

В зависимости от размеров трубы и степени армирования процесс формования труб делится на этапы: центробежный прокат втулочной части трубы на длину. 300...400 мм; заполнение бетонной смесью на высоту $\frac{1}{2}$ толщины стенки цилиндрической части трубы; заполнение раструба трубы бетонной смесью и центробежный прокат; заполнение и центробежный прокат бетона оставшейся длины - $\frac{1}{2}$ толщины стенки трубы; окончательное центробежно-прокатное уплотнение бетона по всей длине трубы; отделка внутренней поверхности трубы.

Основное оборудование - центробежно-прокатная машина и бетоноукладчик,

выполняющие все технологические операции от подачи до уплотнения бетонной смеси. Бетоноукладчик состоит из загрузочного бункера с питателем, ленточного транспортера и подъемной роликовой опоры. Центробежно-прокатная машина включает в себя прокатный вал, фиксатор, раму, откидную опору и привод вала. Прокатный вал как основной орган передает вращение опирающейся на него форме и уплотняет бетонную смесь. Прокатный вал одним концом через цепную муфту соединен с приводом, находящимся на раме, а другим входит в гнездо откидной опоры.

Технологическая линия для производства труб центробежным прокатом состоит: из установки для перемотки арматурной проволоки; стайка для изготовления арматурных каркасов; стенда для гидростатических испытаний; стенда для испытания труб на внешнюю нагрузку; туннельной камеры; поста сборки арматурных каркасов; поста чистки и смазки форм; поста распалубки и сборки форм.

Производство безнапорных труб безнапорные трубы можно изготавливать на центрифугах, используя при этом ненапрягаемую арматуру. Для производства этих труб не требуется навиваемой арматуры и укладки защитного слоя. Стальные формы для безнапорных труб применяют двух типов: для труб диаметром

500... 1000 мм – длиной 4200 мм, а для труб диаметром

300... 400 мм - длиной 3200 мм

Изготовление безнапорных труб, так же как и напорных, начинают с подготовки форм: очистки, смазки и сборки. Внутри форм вставляют арматурные каркасы, а затем надевают днища форм. После этого форму с каркасом устанавливают на центрифугу. При вращении центрифуги внутрь формы с помощью ленточного питателя или ложечного бетоноукладчика подают бетонную смесь, которая ложится ровным слоем по всей поверхности формы. После укладки бетона формы с изделием с помощью крана или кантователя устанавливают растробом вниз в вертикальном положении на пост пропаривания. Пропаривание ведут по такому же режиму, как и для напорных труб. После приобретения бетоном 70% проектной прочности форму приводят в горизонтальное положение,

разбирают, извлекают из нее изделие и направляют на склад готовой продукции.

Производство железобетонных безнапорных труб можно вести и в вертикальных установках. Установка для изготовления труб диаметром 400 и 500 мм состоит из формовочной рамы с полуформой, находящейся в вертикальном положении, и горизонтальной рамы с поддоном. Пустотообразователи с виброголовкой заглублены в колодце. На очищенный и смазанный поддон укладывают два арматурных каркаса. Затем формовочную раму переводят в горизонтальное положение и соединяют с поддоном замковым механизмом. Далее формовочную и горизонтальную рамы возвращают в первоначальное положение; После подачи пустотообразователя в формы черезнаправляющие и растроубообразователи начинают укладывать бетон. Процесс формования длится 15 мин, затем извлекают пустотообразователи и формовочную раму устанавливают в горизонтальное положение: Верхнюю полуформу возвращают в вертикальное положение, а поддон с отформованным изделием перемещают в камеру пропаривания. На одной установке одновременно формируют две растроубные трубы.

Безнапорные трубы диаметром 700 мм и длиной 5000 мм можно изготавливать на поточно-конвейерной линии с помощью центрифугирования. Изготовление труб начинают с процесса навивки на сердечники напряжения продольной арматуры. Затем на специальном стенде собирают спиральную напряженную арматуру и скрепляют ее с продольной. После этого сердечник с арматурным каркасом укладывают в полуформу, установленную на тележке формовочного конвейера. Бетонную смесь укладывают бетоноукладчиком, затем устанавливают верхнюю полуформу, и собранная форма поступает на центрифугу. При скорости центрифугирования 60 об/мин бетон распределяется по внутренней поверхности формы. При повышении скорости до 380 об/мин бетон уплотняется и химически связанная вода удаляется через фильтрующее полотно, которым выкладывается форма изнутри. Далее форму устанавливают на конвейер, а затем на кантователь и распалубливают. Тележка и подвешенный к ней сердечник с трубкой перемещаются к тоннельной пропарочной камере непрерывного действия, состоящей из двух параллельно расположенных секций.

РАЗДЕЛ 3. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Подача бетонной смеси в форму, установленную на центрифуге, осуществляется бетоноукладчиком с ленточным консольным питателем .

3.1 Описание механического оборудования

Ременные центрифуги 2П-273

Ременная центрифуга (рис. 4) состоит из четырех продольных валов, из которых один ведущий соединен приводом с электродвигателем, остальные валы ведомые; по длине валов равномерно размещены катки с кольцевыми выточками для текстурных ремней. Катки на валах вместе с надетыми на них ремнями образуют ряд параллельных опор (от четырех до шести, в зависимости от длины формуемых труб), на которые ложится своими ребрами металлическая форма. Текстурные ремни размещены и натянуты на катках таким образом, что образуют V-образное ложе (седло) для формы.

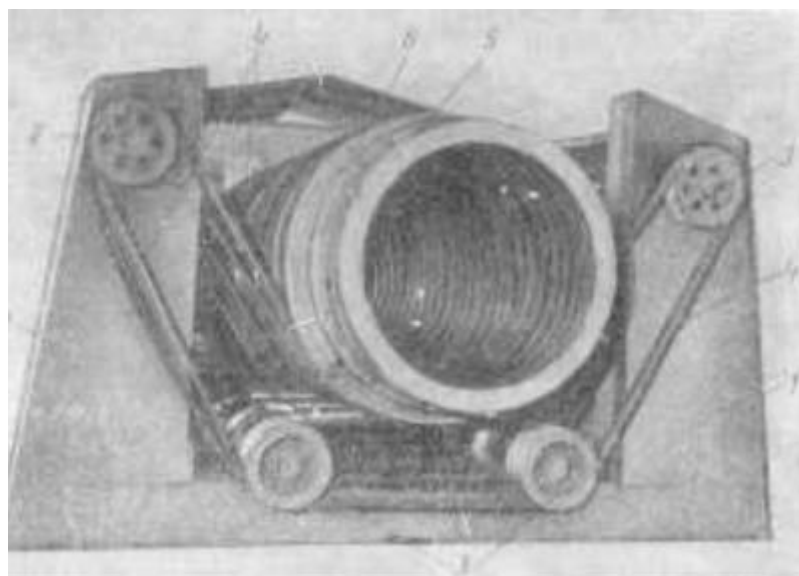


Рисунок 4. Ременная центрифуга

1 - станина; 2 - приводной вал с ведущими катками; 3 - ведомые катки; 4 - текстурные ремни; 5 — форма; 6 — реборды формы

Ременная центрифуга предназначена для изготовления безнапорных железобетонных труб диаметром 0,5-1 м, длиной 4,2м. Она состоит из сварной станины 2, на которой смонтированы ведущий 3 и ведомые 1 валы, установленные на сферических подшипниках. Вращение ведущему валу сообщается электродвигателем 5 постоянного тока через клиноремную передачу 6. Электродвигатель установлен на салазки 4. Для питания его постоянным током есть специальный агрегат, состоящий из возбuditеля, генератора постоянного тока и электродвигателя переменного тока, смонтированных на общей раме. Центрифуга имеет ручное и автоматическое управление.

В результате трения формы в точках соприкосновения ее с движущимися ремнями она плавно и бесшумно вращается. Кольцевые выточки в ребордах формы создают своеобразные пути качения формы.

Ременная центрифуга благодаря устранению вибрации и опасности выброса формы из установки позволяет развивать скорость вращения до 1500 об/мин. Мощность двигателя ременной центрифуги для труб диаметром 500...700 мм составляет 22 Квт, а для труб диаметром от 1000...1200 мм — 55 Квт.

Основным недостатком ременных центрифуг является относительно небольшой срок службы текстотропных ремней вследствие их вытягивания.

При работе на центрифуге форму 7с уложенным в ней арматурным каркасом тельфером 8 устанавливают на двадцать восемь перекрещивающихся ремней (длина ремней 6,3м) центрифуги. Затем включается электродвигатель и форма приводится во вращение. Частота вращения формы постепенно увеличивается до 1/3 от номинальной. В это время ложковый питатель загружает в форму бетонную смесь, распределяющуюся во внутренней поверхности формы в течение двухминут.

Затем частота вращения формы плавно увеличивается до номинальной; при этом уплотняется вся масса бетонной смеси, после чего скорость вращения формы плавно снижается (до полной установки).

Время центрифугирования зависит от диаметра формируемой трубы: с увеличением диаметра время формования удлиняется, и наоборот. Оставшиеся в трубе шлам и вода сливаются в прямоток.

Бетоноукладчика СМЖ-96Д

Виброплиты производятся на бетоноукладчиках СМШ-96Д и СМШ-96Е для изготовления труб диаметром 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400 и 1600 мм, с ленточными и шнековыми питателями. Бетоноукладчики широко используются.

Разбрасыватель бетона СМЖ-96Е используется для замены разбрасывателя бетона СМЖ-96А на действующем заводе, где размеры существующей конструкции не позволяют установить разбрасыватель бетона СМЖ-96Д. Разбрасыватель бетона СМЖ-96Д состоит из разбрасывателя бетона СМЖ - 96Э и самоходная тележка для перемещения СМЖ-96 Д.01.00.000.

Разбрасыватель бетона СМЖ-96Е состоит из ленточного питателя с ременным приводом, силоса с опорной рамой, шкафа с электрооборудованием и устройства передачи движения.

Один из них ведомый, другой - пустой, на двух аппаратах с колесами установлена опорная рама из сварной конструкции вместе с бункером. Передача вращения от привода к приводу осуществляется цепной передачей, а приводное устройство подачи и шагания установлено на нижней платформе станины.

Натяжение цепи от привода до рампы привода осуществляется самимподвижным приводом, а натяжение цепи от привода до питателя - натяжной звездочкой.

Центрифуги 2П-273 установлен на силосе и предназначен для перекачивания бетонной смеси. Для равномерной подачи бетонной смеси из бункера кулачковый клапан приводится в действие пневмоцилиндром с дистанционным управлением.

Бетонная смесь загружается в форму ленточным питателем, который приводит в движение барабан сзади. Ленточный питатель установлен на стреле на основании. Натяжение ремня осуществляется перемещением заднего приводного барабана. По бокам лента ограничена воротничками. Передний барабан имеет скребок для очистки ленты от прилипшего бетона.

Для обслуживания бункера есть площадка с электрошкафом. Бетоноукладчик управляется с подвесного пульта управления.

Если необходимо увеличить вместимость бункера, можно увеличить его высоту с помощью специальной рамы.

Чтобы улучшить условия подачи бетонной смеси в форму, питатель бетоноукладчика может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях, что позволяет одному бетоноукладчику работать с двумя формами.

Перемещение на нем самоходной тележки позволяет бетоноукладчику СМЖ-96Е двигаться по оси питателя. Сначала, при движении тележки по рельсам вперед, ленточный питатель вдвигается в форму до конца, затем включается подача смеси на ленту и с ленты в форму при одновременном медленном возвратном движении бетоноукладчика в исходное положение. В исходном положении бетоноукладчик становится под расходный бункер с бетонной смесью и пополняет свой запас.

Гусеница для бетоноукладчика СМЖ-96Е и привод его движения на раме самоходной тележки.

Таблица 7 – О технических характеристиках бетоноукладчика СМЖ-96Д

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

3.2 Расчет бетоноукладчика СМЖ-96Д

3.2.1 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, м^3 ;

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

k_P – коэффициент разрыхления смеси, $k_P=1,12-1,2$;

k_B – коэффициент использования машины по времени, $k_B=0,85-0,95$;

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

$$P_V = \frac{60 \cdot (1,42 \cdot 2 \cdot 1,16 \cdot 0,9)}{t_{\text{ц}}} = \frac{177,9}{40,7} = 4,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$t_{\text{ц}} = t_H + t_{\text{п}} + t_V + t_B, \text{ мин}, \quad (10)$$

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

t_H – продолжительность наполнения бункера укладчика смесью, мин

$$t_H = \frac{V_B \cdot k_Y \cdot k_{\text{п}}}{P_{\text{лп}}}, \text{ мин, где} \quad (11)$$

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

V_B – вместимость бункера укладчика, м^3 ,

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

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

k_y – коэффициент уплотнения смеси, $k_y=1,12-1,2$; k_{Π} – коэффициент, учитывающий потери смеси при загрузке в бункер,

$k_{\Pi}=1,01$;

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

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

$$t_{\Pi} = \frac{l}{60v_{\text{укл}}}, \text{ мин}; \quad (13)$$

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

l – расстояние от загрузочного конвейера до поста формирования (укладки)

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

– продолжительность укладки смеси в форму, мин

$$t_y = \frac{(l_{\Phi} + l_{\text{укл}}) \cdot n_{\text{пгр}}}{60v_{\text{укл}}}, \text{ мин}, \quad (14)$$

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

l_{Φ} – максимальная длина формы, м;

$l_{\text{укл}}$ – база бетоноукладчика, м; $n_{\text{пгр}}$ – количество проходов

бетоноукладчика при укладке бетонной смеси,

$n_{\text{пгр}}=2-3$; t_B – продолжительность перемещения укладчика в исходное положение под загрузку, мин

$$t_B = t_H, \text{ мин}. \quad (15)$$

3.2.2 Определение мощности, необходимой для передвижения бетоноукладчика

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

где W – сила сопротивления передвижения бетоноукладчика, Н;

η – КПД привода, $\eta=0,8-0,9$;

P_K – сила давления от массы конструкции бетоноукладчика, Н;

P_B – сила давления от бетонной смеси в бункерах, Н;

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

β – коэффициент, учитывающий трение реборд колес о рельсовый путь, $\beta=2,5-3$.

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

3.2.3 Определение мощности привода ленточного питателя бетоноукладчика

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

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

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

η_1 – КПД передачи привода, $\eta=0,8-0,85$;

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

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

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

W_1 – сила трения бетона о борта питателя, Н;

$$W_1 = 20k_1 \cdot P_1, \text{ Н}, \quad (19)$$

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

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

W_1 – сила трения бетона о борта питателя, Н;

$$W_1 = 20k_1 \cdot P_1, \text{ Н}, \quad (19)$$

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

k_1 – коэффициент трения бетона по стали, $k_1=0,8$;

P_1 – сила бокового давления бетона на борта, Н;

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

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

F_1 – площадь 1 борта, м^2

$$F_1 = h \cdot l_B, \text{ м}^2,$$

(21)

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

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

q_1 – давление бетонной смеси на борта, Па;

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

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

ρ – плотность бетонной смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Θ – коэффициент подвижности бетонной смеси, $\Theta=0,6 - 0,7$; $v_{\text{лп}}$ – скорость движения ленточного питателя, м/с; N_2 – мощность для преодоления трения ленты питателя о поддерживающий металлический лист, кВт

$$N = \frac{W_2 \cdot v_{\text{лп}}}{2 \cdot 1000}, \text{ кВт},$$

(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, 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;

$$b = 0,8b_{\text{лп}}, \text{ м}, \quad (27)$$

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

$b_{\text{лп}}$ – 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

$$q_2 = \frac{\rho \cdot R}{f_1 \cdot \Theta}, \text{ Па}, \quad (29)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РАЗДЕЛ 4. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Для реализации ТВО мы предоставляем специальные позиции для прессования и термообработки. Форма с трубой переносится в эти положения мостовым краном. Каждая секция камеры по длине разбита на три зоны: 1 - разогрев изделия до 70°C, 2 - выдержка при температуре 70°C и 3 – остывание изделия до 20°C. У выходного конца камеры передаточная тележка передает трубу на кантователь, который поднимает трубу для расцепки с транспортной тележкой и поворачивает ее в горизонтальное положение. Трубу укладывают на катки самоходной тележки и перемещают к съемнику стержня, где стержни арматурного каркаса обрезают и тем самым передают напряжение на бетон. Продолжительность технологического процесса 22 ч.

4.1 Исходные данные

Вид изделия: Производство железобетонных преднапряжённых центрифугированных безнапорных труб

Геометрические параметры изделия:

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

Масса изделия $G_{н} = 3530$ кг;

Объем бетона в изделии $V_{б} = 1,42$ м³;

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

Расход арматуры на 1 м³ 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 $G_{б} = 3258,19$ кг; Плотность бетонной смеси:

$$\rho = G_{ц} + G_{п} + G_{щ} + G_{в} + G_{д} \quad (32)$$

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

материалов на 1 м³ 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 м³ $G_{сб} = 2106,2$ кг;

Вес сухих веществ на изделие:

$$G_{с1} = G_{сб} \cdot V_{б} \quad (33)$$

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

Количество воды, вступившее в реакцию с вяжущим:

$$G_{\text{вс}} = G_{\text{ц}} \cdot \alpha_1, \quad (34)$$

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

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

Масса формы $G_{\text{ф}} = 85 \text{ кг}$;

Геометрические размеры формы:

- длина $l_{\text{ф}} = 6,000 \text{ м}$;
- ширина $b_{\text{ф}} = 1,384 \text{ м}$;
- высота $h_{\text{ф}} = 1,893 \text{ м}$;

Внутренние размеры камеры:

- длина $l_{\text{к}} = 1,893 \text{ м}$;
- ширина $b_{\text{к}} = 1,893 \text{ м}$;
- высота $h_{\text{к}} = 6000 \text{ м}$;

Температура загружаемых изделий $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

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

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

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

Удельная теплоемкость бетона $c_6 = 0,84 \text{ кДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$; Коэффициенты:

- теплопроводности бетона $\lambda_6 = 1,56 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$; – температуропроводности бетона $\alpha_6 = 27,9 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град}$; Прочность бетона после ТВО $R_{\text{ТВО}} = 28 \text{ МПа}$.

4.2 О балансе материалов

Поступает в камеру:

- сухих веществ:

$$G_{\text{с}} = V_{\text{бк}} \cdot G_{\text{с1}}, \quad (35)$$

$$V_{\text{бк}} = N_1 \cdot V_6, \quad (36)$$

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

$$V_{\text{бк}} = 1 \cdot 1,42 = 1,42 \text{ м}^3 \quad G_c = \\ 1,42 \cdot 2990,8 = 4246,9 \text{ кг.}$$

– воды:

$$G_w = V_{\text{бк}} \cdot G_{\text{в}} \quad (37)$$

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

– металла форм:

$$G_{\text{м}} = N_2 \cdot G_{\text{ф}}, \quad (38)$$

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

$G_{\text{м}} = 1 \cdot 85 = 85 \text{ кг}$ – арматуры и закладных деталей:

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

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

Выгружается из камеры:

– сухого бетона:

$$G_{\text{бс}} = G_c + G_{\text{вг}}, \quad (40)$$

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

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

$$G_{\text{вг}} = 27,2 \cdot 1,42 = 38,6 \text{ кг} \quad G_{\text{бс}} \\ = 4246,9 + 38,6 = 4285,5 \text{ кг} – \text{ остаточная влага} \\ \text{изделий:}$$

$$G_{\text{вост}} = G_w - G_{\text{вг}} - G_w \cdot \alpha_2/100, \quad (42)$$

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

Испарившаяся вода:

$$G_{\text{вг}} = G_w \cdot \alpha_2/100 = 227,2 \cdot 30/100 = 68,2 \text{ кг}$$

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

4.3 Тепловое равновесие

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

Расчет проводится с использованием критериальных уравнений нестационарного теплообмена для периодов повышения температуры и изотермической выдержки. Поскольку камера работает непрерывно и температура в камере постоянна, расчет будет проводиться в течение периода изотермической выдержки.

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

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

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

F_o, Bi – временной критерий Фурье, критерий Био;

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

Критерий Фурье:

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

где τ – время выдержки, $\tau = 7$ ч; α – коэффициент температуропроводности.

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

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

где λ – теплопроводность материала, Вт/м² · град;

c – теплоемкость материала, Дж/кг · град;

ρ – плотность материала, кг/м³.

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

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

Критерий Био:

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

где a – коэффициент теплоотдачи, $a = 27,9$ Вт/м²·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.

– $\Theta_{ц} = 0,85$;

– $\Theta_{п} = 0,6$.

Температура поверхности к концу периода:

$$t_n = t_o - \theta_n(t_o - t_{oc}), \quad (47)$$

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:

$$t_{ц} = t_o - \theta_{ц}(t_o - t_{oc}) \quad (48)$$

$$t_{ц} = 75 - 0,85(75 - 20) = 28,25$$
 °С

Средняя температура изделия в конце периода:

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

$$t_c = 0,67 \cdot 28,5 + 0,33 \cdot 42 = 32,9$$
 °С

Фактическая средняя температура изделия:

$$t_6 = t_c = 32,9$$
 °С

4.4.1 Теплосодержание сухой части бетонной смеси

$$Q_{1-1} = G_c \cdot c_b \cdot t_b \quad (50)$$

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

4.4.2 Теплосодержание влаги в бетонной смеси

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

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

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

4.4.3 Теплосодержание арматуры и закладных деталей:

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

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

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

4.4.4 Теплосодержание форм

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

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

4.4.5 Тепло материалов ограждений:

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

где $V_{iогр}$ – объем i -го слоя материала ограждения, m^3 ; $\rho_{iогр}$

– плотность i -го материала, $кг/м^3$;

$c_{iогр}$ – удельная теплоемкость i -го материала, $кДж/кг \cdot град$; $t_{iогр}$

– средняя температура i -го слоя материала, $^{\circ}C$.

Необходимо найти температуры для каждого слоя стенки и крышки.

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

$$V_{\text{чехла(верх)}} \cdot \rho_{\text{чехла(верх)}} \cdot C_{\text{чехла(верх)}} \cdot t_{\text{чехла(верх)}} \quad (55)$$

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

4.4.6 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, $i_n = 60,288 \text{ кДж/кг}$.

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

Сумма приходных статей:

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

4.5 Расход тепла

4.5.3 На нагрев сухих материалов

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

4.5.4 На нагрев воды в бетонной смеси

$$Q_{2-2} = (G_w - G_{\text{вн}} - G_{\text{бг}}) \cdot c_w \cdot t_6 \quad (57) Q_{2-2} = (227,2 - \\ 68,2 - 38,6) \cdot 4,19 \cdot 32,9 = 16597,3 \text{ кДж.}$$

4.5.5 На нагрев арматуры и закладных деталей Q_{2-3}

$$= Q_{1-3} = 1456 \text{ кДж}$$

4.5.6 На нагрев форм

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

4.5.7 На нагрев материалов ограждений

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

4.5.6 Потери тепла в окружающую среду через стенки камеры

$$Q_{2-6} = 3,6 \cdot k \cdot F_n \cdot D_n \cdot (t_{ст} - t_{oc}), \quad (58)$$

где D_n – время изотермической выдержки, ч; F_n –

– площадь стен, m^2 ; $t_{ст}$ – температура наружной

поверхности стен, $^{\circ}C$; k – коэффициент

теплопередачи, $Вт/м^2 \cdot град.$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (59)$$

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

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

4.5.7 Потери тепла через крышку:

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

где $F_{кр}$ – площадь крышки, m^2 ; $t_{кр}$ – температура

внутренней поверхности крышки, $^{\circ}C$.

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

4.5.8 Потери тепла на испарение части воды затворения:

$$Q_{2-8} = G_{ви} \cdot (r + c_v \cdot t_0), \quad (61)$$

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

– теплоемкость воздуха, $кДж/кг \cdot град.$

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

4.5.9 Тепло, уносимое конденсатом

$$Q_{2-9} = G_k \cdot c_k \cdot t_0 \quad (62)$$

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

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.

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

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

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

где ρ_{ϕ} – плотность стали, кг/м³.

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

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

$$G_k = G_1 - 15,3 - 0,1G_1 = 0,9G_1 - 15,3 \text{ кг.}$$

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

4.5.10 Потери тепла с паром, уходящим через неплотности установки:

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

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

Сумма расходных статей:

$$Q_p = 11736732,84 + 16597,3 + 1456 + 3672 + 3331468 + 0 + 106,72 + 72023,2 + 29,7G_1 - 505,8 + 3,3G_1 = 15156948,552 + 33 G_1$$

$$Q_{п} = Q_p \quad (67)$$

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

$$= 1916,6 \text{ кг.}$$

Удельный расход теплоносителя на тепловую обработку:

$$G_{уд} = \frac{G_1}{V_{бк}}$$

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

Таблица 8 – Тепловой баланс камеры

Обозначение статьи	Наименование	Единица тепла	%
Приход			
Q1-1	Теплосодержание сухой части бетонной смеси, поступившей в зону	11736732,84	76,8
Q1-2	Теплосодержание влаги, содержащейся в бетонной смеси	31319,7	0,25
Q1-3	Теплосодержание арматуры и закладных деталей изделий, загруженных в камеру	1456	0,009
Q1-4	Теплосодержание форм	3672	0,02
Q1-5	Тепло материалов ограждений	3331468	21,8
Q1-6	Тепло, вносимое теплоносителем	15340346,0408	1,04
Итого:		15244179,9	100
Расход			
Q2-1	На нагрев сухих материалов	11736732,84	76,4
Q2-2	На нагрев воды в бетонной смеси	16597,3	0,13

Окончание таблицы 8

Обозначение статьи	Наименование	Единица тепла	%
Q2-3	На нагрев арматуры и закладных деталей	1456	0,009
Q2-4	На нагрев форм	3672	0,02
Q2-5	На нагрев материалов ограждений	3331468	21,7
Q2-6	Потери тепла в окружающую среду через боковую поверхность чехла	0	0
Q2-7	Потери тепла через верх чехла	106,72	0,001
Q2-8	Потери тепла на испарение части воды затворения и нагрев водяных паров	72023,2	0,58
Q2-9	Тепло, уносимое конденсатом	56417,22	0,5
Q2-10	Потери тепла с паром, уходящим через неплотности установки	6324,78	0,06
Итого:		15322186,56	100

Для поддержания заданного режима термообработки используется брезентовый чехол для парка 6873 / 44АЕ. В качестве источников тепла в технологических целях используются пар, высококипящие органические теплоносители и электричество. Основным источником тепла - пар.

Поскольку основной расход тепла идет на нагрев сухой части бетонной смеси и воды, камера работает эффективно.

РАЗДЕЛ 5 .АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Тепловая обработка осуществляется в различных типах установок, которые по жиму работы можно разделить на следующие:

1. Установки периодического действия (пропарочные камеры, автоклавы, термоформы и т. д.);
2. Установки непрерывного действия (щелевые, тоннельные, вертикальные пропарочные камеры).

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается автоматизация тепловой обработки в вертикальной пропарочной камере непрерывного действия. Автоматизация в этой тановке основана на контроле следующих параметров:

- Среды (температура, давление, влажность, расход пара);
- Бетона (температура, влажность, прочность);
- Режима тепловой обработки.

Основной задачей автоматизации вертикальной камеры является поддержание данного режима тепловой обработки изделий (температуры и влажности среды) и еспечение равномерного прогрева изделий по всему объему установки. Режим пловой обработки автоматически регулируется изменением количества подаваемого ра.

Автоматизация тепловой обработки в вертикальной пропарочной камере позволяет:

- Точно выдержать сроки пребывания изделий в заданном режиме тепловой обработки;
- Улучшать качество изделий;
- Ускорять твердение бетонной смеси и и придавать бетону необходимую прочность;
- Увеличивать экономию теплоносителя;
- Сокращать цикл тепловой обработки;
- Сокращать расход теплоносителя;
- Обрабатывать по оптимальным режимам бетоны различных составов на цементах различной активации;
- Увеличивать производительность предприятия.

Описание технологического процесса

Тепловой обработкой, или тепловым процессом, называется закономерная совокупность стадий теплового воздействия на материал или на сырье для придания ему требуемых свойств. Она предусматривает прогрев изделий в

тепловых установках при заданных термодинамических параметрах с целью сокращения сроков получения выпускной прочности.

Вертикальная пропарочная камера представляет собой прямоугольное строение с тухими стенами и перекрытием типа колпака, внизу которого существуют отверстия для загрузки и выгрузки изделий. Форма с изделием по рольгангу подается в подъемную часть камеры, постепенно поднимается вверх, затем передвигается передаточной тележкой в спускную часть и опускается вниз, после чего выгружается из камеры.

Пар в камеру подается через перфорированную трубу, расположенную по периметру в верхней части камеры. Температура в нижней части камеры составляет 0-30°C, в верхней - 100°C и относительная влажность 100%.

Подогреваются охлаждаются изделия по принципу противотока: свежееотформованные изделия при подъеме встречают все более горячую и влажную среду, а нагретые до 100°C, опускаясь, охлаждаются, встречая холодную среду.

Описание функциональной схемы автоматизации

Пар в вертикальную камеру поступает по паропроводу. При понижении давления пара в паропроводе ниже нормы или при отсутствии пара срабатывает сигнализатор падения давления РА 5-2, получающий сигнал от датчика давления РЕ 5-1, а также счетчик времени отсутствия пара PIR 5-3, световая и звуковая сигнализация РА 5-

4. Для контроля давления пара в паропроводе установлен датчик давления РЕ 4-1 и манометр PI 4-2. Контроль расхода пара осуществляется с помощью расходомера переменного перепада давления, включающего в себя сужающее устройство FE 3- 1, которое, посредством бесшкального прибора с дистанционной передачей FT 3-2, передаст информацию о расходе на показывающий дифманометр FI 3-3.

Пар через регулирующий орган 2-10 подается в перфорированную трубу камеры. Регулирующий орган приводится в действие исполнительным механизмом NS 2-9, получающим командные импульсы от регуляторов стабилизации температуры TJS 2-4 и TIS 2-8. Термометры сопротивления: ТЕ 2-1, ТЕ 2-2, ТЕ 2-3, ТЕ 2-5, ТЕ 2-6, ТЕ 2-7 передают информацию на регуляторы стабилизации температуры, т.е. регулируется граница паровоздушной зоны.

Температура среды в камере замеряется термометрами сопротивления ТЕ 1-1, ТЕ 1- 12, установленными в 4 точках по высоте камеры в трех ее сечениях (начале, середине и конце). Контроль температуры осуществляется 12-точечным электронным мостом TIR 1-13.

Описание принципиальной схемы автоматизации

Работа в автоматическом режиме.

Оператор переводит переключатель SA1 в положение "А". В этом случае регулирование температуры, осуществляется, посредством программного регулятора температуры. Если температура ниже заданной в данный момент

времени тепловой обработки, то регулятор P1 включает реле K1, а если выше, то отключает реле K1. В процессе тепловой обработки горит сигнальная лампочка HL1.

Контакты микропереключателей SQ1 и SQ4 разомкнуты в закрытом состоянии клапана подачи пара в пропарочную камеру и замыкаются при его открытии. Контакты же SQ2 и SQ3 замкнуты в закрытом состоянии клапана и размыкаются в открытом.

Предположим, в начальном состоянии клапан закрыт. Горит сигнальная лампа HL3. Если температура ниже заданной, включается реле K1. Замыкается контакт K1.1, ключая реле времени KT1. Реле времени своим замыкающим контактом KT1.1 ключает тяговый электромагнит клапана YA2. Клапан открывается. При этом контакт SQ3 размыкается, обесточивая KT1. Но контакт реле времени KT1.1, имеющий выдержку времени при размыкании, остается после отключения реле еще около половины секунды в замкнутом состоянии. Это обеспечивает надежную постановку якоря клапана на защелку (в противном случае возможна пульсация якоря). Размыкается контакт SQ2, отключая сигнальную лампочку HL3. Замыкаются контакт SQ1, включая сигнальную лампочку HL2, и контакт SQ4, подготавливая к включению электромагнит защелки YA1.

Пар поступает в пропарочную камеру. Температура поднимается и при достижении заданного на данный момент тепловой обработки значения реле K1 отключается. Контакт K1.1 размыкается, а размыкающий контакт K1.2 замыкается, включая электромагнит защелки YA1. Якорь опускается, клапан подачи пара закрывается. Контакты SQ4 и SQ1 размыкаются, отключая электромагнит защелки YA1 и сигнальную лампочку HL2. Контакты SQ2 и SQ3 замыкаются, включая и сигнальную лампочку HL3 и подготавливая к включению тягового электромагнит YA2.

По мере охлаждения камеры при достижении заданного значения температуры реле K1 опять включается, открывая клапан и т.д.

Работа в дистанционном режиме.

Оператор переводит переключатель SA1 в положение "Д". Управление клапаном осуществляется посредством кнопок SB1 и SB2. Для подачи пара в пропарочную камеру оператор нажимает кнопку SB2. Замыкающим контактом SB2 включает реле времени KT1 и далее тяговый электромагнит, а размыкающий препятствует одновременному включению электромагнита защелки. Для того, чтобы закрыть клапан, оператор воздействует на кнопку SB1, которая замыкающим контактом включает электромагнит защелки YA1, а размыкающим - препятствует одновременному включению тягового электромагнита YA2.

Сигнализация отсутствия давления пара и проверка сигнализации.

Нормальная тепловая обработка ЖБИ в вертикальной пропарочной камере осуществляется при избыточном давлении пара в паропроводе, равном 0.18...0.22

Мпа. В этом случае контакт манометра SP1 замкнут и работает реле К2. Размыкаются контакты К2.1, К2.2.

Если давление пара падает ниже 0.16 Мпа, контакт SP1 размыкается, выключая реле К2. Контакт К2.1 замыкается, включая звуковой сигнал НА1 и датчик импульсов Р2. Датчик импульсов, периодически замыкая контакт Р2.1, обеспечивает работу датчика времени отсутствия пара РС. Контакт К2.2 включает сигнальную лампочку HL4. Таким образом, на время отсутствия пара работают счетчик времени отсутствия пара, звуковая и световая сигнализация, оповещающая обслуживающий персонал о необходимости устранения неполадок в системе подачи пара и внесения коррективов в режим тепловой обработки. В случае необходимости снятия звукового сигнала на время устранения неисправностей оператор нажимает кнопку SB3, включая реле К3, которое замыкающим контактом К3.1 самоблокируется, а размыкающим К3.2 отключает звуковую сигнализацию НА1. Однако световая сигнализация продолжает работать. При устранении неисправности и восстановлении нормального давления контакт SP1 замыкается, включая реле К2. Отключается счетчик времени отсутствия пара, световая и звуковая сигнализация.

Для проверки сигнализации оператор нажимает на кнопку SB4, включая реле К4, которое замыкающими контактами К4.1-К4.5 включает соответственно звонок НА1 и сигнальные лампочки HL1, HL2, HL3 и HL4.

РАЗДЕЛ 6. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА



Рисунок 5 – Технологическая схема производства

1) Подготовка формы

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

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

2) Армирование

Готовая форма на посту армирования расстроповывается бетонщиком 4 разряда в течение 30 секунд. Далее производится установка, заранее изготовленного на установке СМЖ-420, арматурного каркаса в течение 6 минут при помощи бетонщика 4 разряда и мостового крана №1. Затем арматурный каркас фиксируется бетонщиком 4 разряда в течение 2 минут.

3) Формование

Подготовка бетоноукладчика СМЖ-425 производится машинистом 3 разряда в течение 2 минут.

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

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

4) Тепловлажностная обработка

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

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

5) Распалубка

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

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

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

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

б) Гидроиспытание изделия

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

7) Механическое испытание

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

Первый способ оптимизации – при заданном ритме

Оптимизация будет проводиться по первому варианту, когда задан ритм производства. Для оптимизации в заданном ритме необходимо построить рабочий график, найти на нем последовательную непрерывную цепочку операций, общая продолжительность которой определяет время выполнения всего комплекса операций (длительность цикла).

В качестве ведущего процесса мы берем процесс формирования, который длится 20 минут. Следовательно, продолжительность цикла составляет 20 минут.

График неоптимизированной производительности представлен в таблице 1.

График работы для первого метода оптимизации представлен в таблице 2.

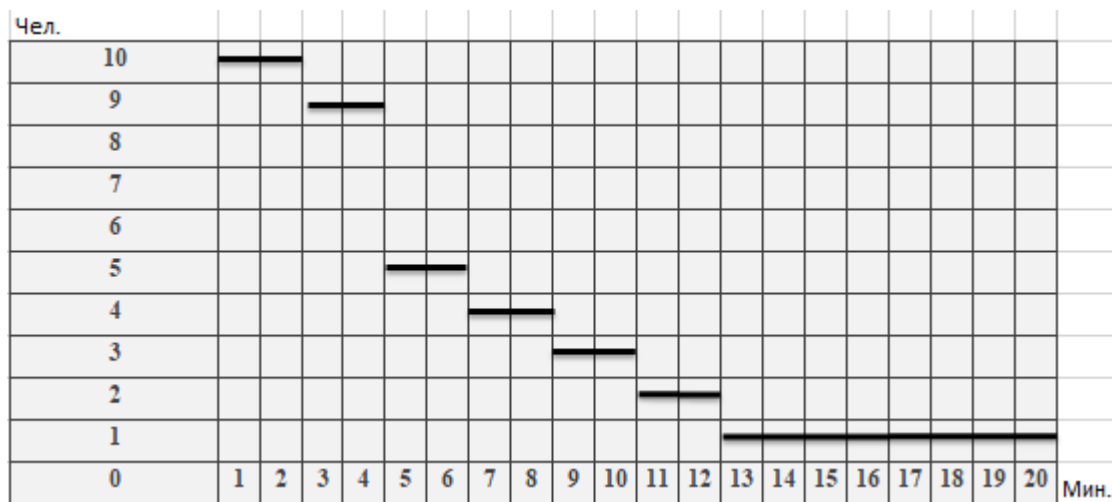
С помощью таблиц строим неоптимизированный график движения рабочей силы, который показан на рисунке 2, и оптимизированный график движения рабочей силы - рисунок 3.

Неоптимизированный пооперационный график.

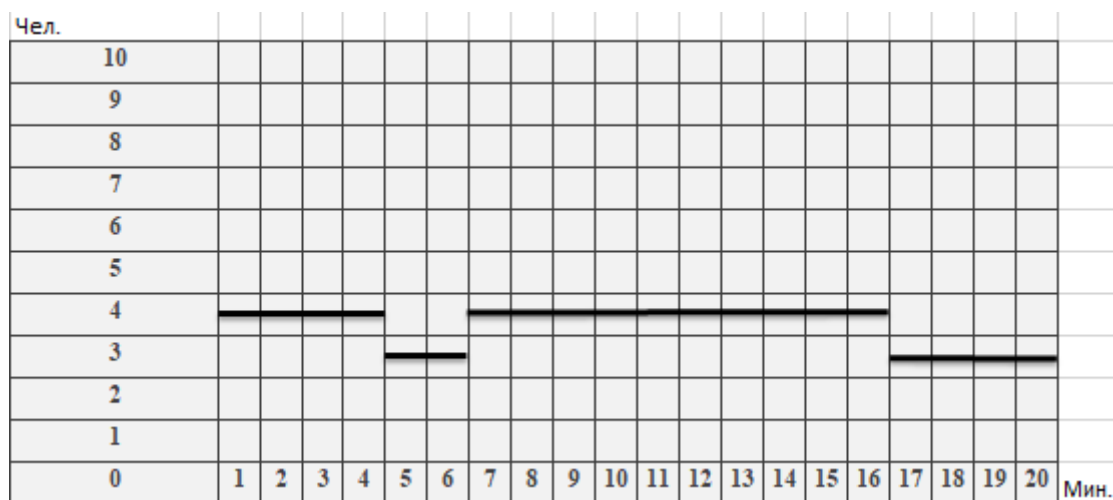
Процессы	Операции	Оборудование	Рабочие Профессия, разряд чел	Длительность продолжительность	Время, мин.																			
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Подготовка форм	Чистка форм	Независим. машин	Бетонщик фр.	1	1																			
	Смазка форм	Распылитель		1	1																			
	Перемещение формы на пост армирования	К1		0	-																			
Подготовка арматурных каркасов	Связка арматурного каркаса	СМЖ-420	Оператор фр.	2	4																			
	Напряжение арматурных каркасов на пост армирования	К1		0	-																			
	Установка арматурных каркасов	К1	Бетонщик фр.	1,5	6																			
Пост армирования	Фиксация арматурных каркасов в форме	Вручную		1	4																			
	Передача формы на пост формирования	К1		0	-																			
	Подготовка бетоноукладчика	СМЖ-425	Машинист фр.	1	1,5																			
Пост формирования	Укладка бетонной смеси в форму	СМЖ-425	Оператор центрифуги	1	-																			
	Центрифугирование	ШПМ		1	-																			
	Извлечение формы в камеру ТВО и выгрузка готового изделия на пост раскладку	К1		0	-																			
Пост раскладки	Свяжите заготовки с раскладкой	Гайковерт	Бетонщик фр.	1	0,5																			
	Освобождение изделия от формы	К2	Таскажник фр.	1	1																			
	Перенос формы на пост подготовки формы	К2		0	-																			
Пост гидроиспытания	Перенос изделия на пост гидроиспытания	К2		0	-																			
	Испытание изделия	ТИ-16	Бетонщик фр.	1	-																			
	Перемещение изделия на пост испытания нагружением	К2		0	-																			
Пост испытания нагружением	Испытание изделия	СНУ-16	Бетонщик фр.	1	-																			
	Перемещение изделия на пост приемки изделия	К3		0	-																			
Пост приемки изделия	Приемка и маркировка изделия	Вручную	Инженер ОТК	1	4																			
	Складирование продукции	К3	Таскажник фр.	1	-																			

Пооперационный график при первом способе оптимизации.

Процессы	Операции	Оборудование	Рабочие Профессия, разряд чел	Продолжительность чел	Продолжительность	Время, мин.																					
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Подготовка форм	Чистка формы	Неавтошпиф. машина	Бетонщик 4р.	1	4																						
	Смазка формы	Распылитель		1	2																						
	Перемещение формы на пост армирования	К1		0	1,5																						
подготовка арматурных каркасов	Связка арматурного каркаса	СМЖ-120	Оператор 4р.	2	4																						
	Направление арматурных каркасов на пост армирования	К1		0	1,5																						
	Установка арматурных каркасов	К1	Бетонщик 4р.	1	1,5	6																					
Пост армирования	фиксация арматурных каркасов в форме	Вручную		1	4	2																					
	Пересадка формы на пост формования	К1		0	1,5																						
	Подготовка бетоноукладчика	СМЖ-125	Машинист 3р.	1	1,5	2																					
Пост формования	Укладка бетонной смеси в форму	СМЖ-125	оператор центрифуги	1	2																						
	Центрифугирование	ЦПМ		1	16																						
	емещение формы в камеру ТВО и выгрузка готового изделия на пост распылу	К1		0	4																						
Пост распылушки	Снятие заглушки с распылу	Гайковерт	Бетонщик 3р.	1	0,5	1																					
	Освобождение изделия от формы	К2	Такелажник 3р.	1	3																						
	Перенос формы на пост подготовки формы	К2		0	2																						
	Перенос изделия на пост гидроиспытания	К2		0	2																						
Пост гидроиспытания	Испытание изделия	ГИ-16	Бетонщик 4р.	1	10																						
	Перемещение изделия на пост испытания нагружением	К2		0	1,5																						
Пост испытания нагружением	Испытание изделия	СПУ-16	Бетонщик 4р.	1	12																						
	Перемещение изделия на пост приема изделия	К3		0	1,5																						
Пост приема изделия	Привеска и маркировка изделия	Вручную	Инженер ОТК	1	4	4																					
	Складирование продукции	К3	Такелажник 3р.	1	2																						



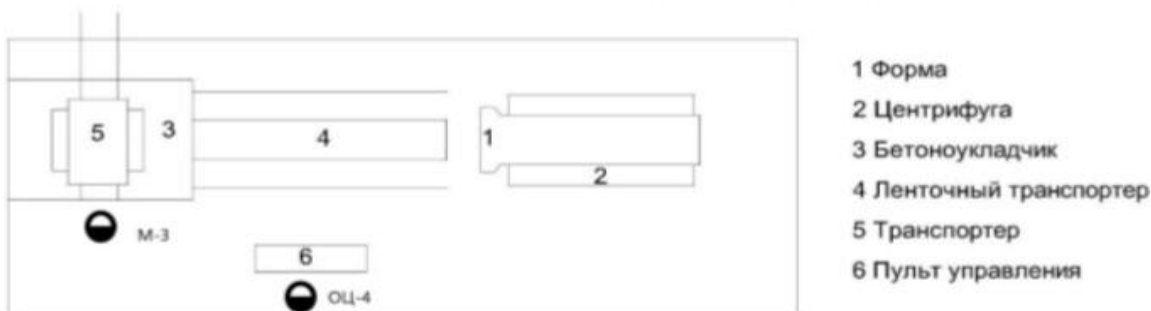
Неоптимизированный график движения рабочей силы.



Оптимизированный график движения рабочей силы.

На его основе определяем максимальное количество рабочих для второго метода оптимизации (3-max).

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



Циклограмма работ на посту формования. ←

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

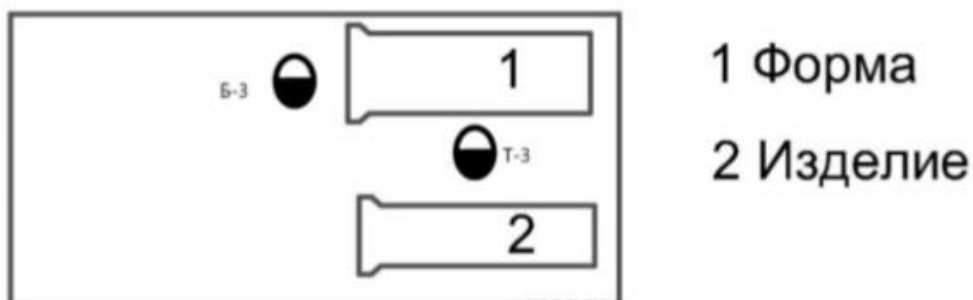


Рисунок 5 – Циклограмма работ на посту распалубки.

ПОСТРОЙКА ЦИКЛОГРАММЫ ПО ПЕРВОМУ СПОСОБУ ОПТИМИЗАЦИИ

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

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

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

Циклограмма по первому способу оптимизации представлена на рисунке 6

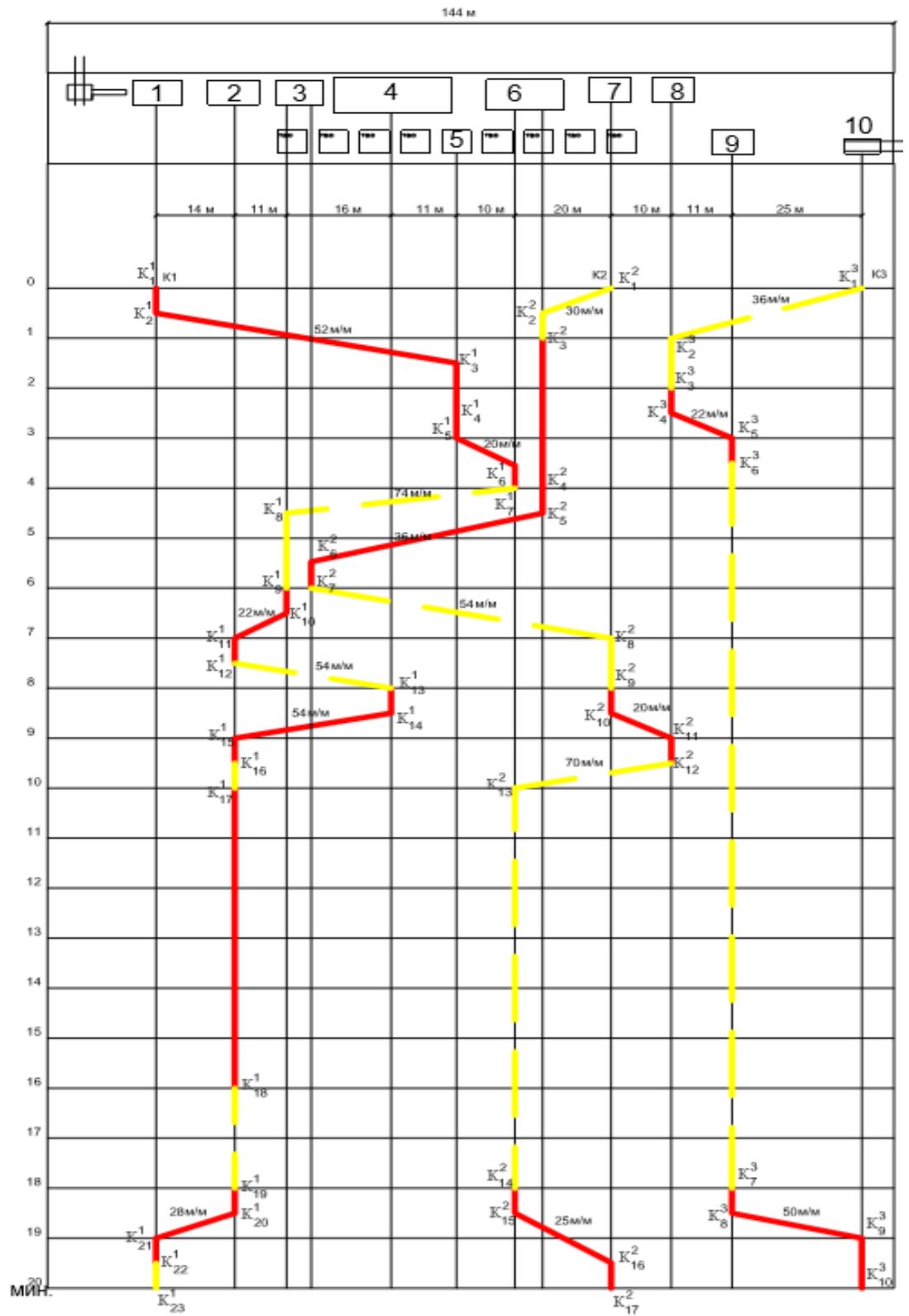


Рисунок 6 – Циклограмма по первому способу оптимизации.

1 – пост формования; 2 – пост армирования; 3 – пост подготовки форм; 4 – пост изготовления арматурного каркаса; 5 – пост ТВО; 6 – пост распалубки; 7 –

пост гидроиспытания; 8 – пост механического испытания; 9 – пост приемки и маркировки; 10 – склад готовой продукции.

ПОСТЫ И ОПЕРАЦИИ ПО ПЕРВОМУ СПОСОБУ ОПТИМИЗАЦИИ

Кран №1:

$K^1_1-K^1_2$ – строповка изделия;↵

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

$K^1_3-K^1_4$ – расстроповка формы;↵

$K^1_4-K^1_5$ – строповка изделия;↵

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

$K^1_6-K^1_7$ – расстроповка формы;↵

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

$K^1_8-K^1_9$ – простой крана;↵

$K^1_9-K^1_{10}$ – строповка формы;↵

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

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

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

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

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

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

$K^1_{16}-K^1_{17}$ – простой крана;↵

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

$K^1_{18}-K^1_{19}$ – простой крана;↵

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

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

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

$K^1_{22}-K^1_{23}$ – простой крана.↵

Кран №2:↵

K²₁-K²₂ – переход крана на пост распалубки;↵

K²₂-K²₃ – простой крана;↵

K²₃-K²₄ – распалубка изделия;↵

K²₄-K²₅ – строповка формы;↵

K²₅-K²₆ – перемещение формы на пост подготовки форм;↵

K²₆-K²₇ – расстроповка формы;↵

K²₇-K²₈ – переход крана на пост гидроиспытания;↵

K²₈-K²₉ – простой крана;↵

K²₉-K²₁₀ – строповка изделия;↵

K²₁₀-K²₁₁ – перемещение изделия на пост механического испытания;

K²₁₁-K²₁₂ – расстроповка изделия;↵

K²₁₂-K²₁₃ – переход крана на пост распалубки;↵

K²₁₃-K²₁₄ – простой крана;↵

K²₁₄-K²₁₅ – строповка изделия;↵

K²₁₅-K²₁₆ – перемещение изделия на пост гидроиспытания;↵

K²₁₆-K²₁₇ – расстроповка изделия.↵

Кран №3:↵

K³₁-K³₂ – переход крана на пост механического испытания;↵

K³₂-K³₃ – простой крана;↵

K³₃-K³₄ – строповка изделия;↵

K³₄-K³₅ – перемещение изделия на пост приемки и маркировки изделий;

K³₅-K³₆ – расстроповка изделия;↵

K³₆-K³₇ – простой крана;↵

K³₇-K³₈ – строповка изделия;↵

K³₈-K³₉ – перемещение изделия на пост складирования;↵

K³₉-K³₁₀ – складирование изделия.↵

ВТОРОЙ СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ – ОГРАНИЧЕННАЯ ВЕЛИЧИНА РЕСУРСОВ

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

График движения рабочей силы при ограниченной величине ресурсов изображено на рисунке 7.

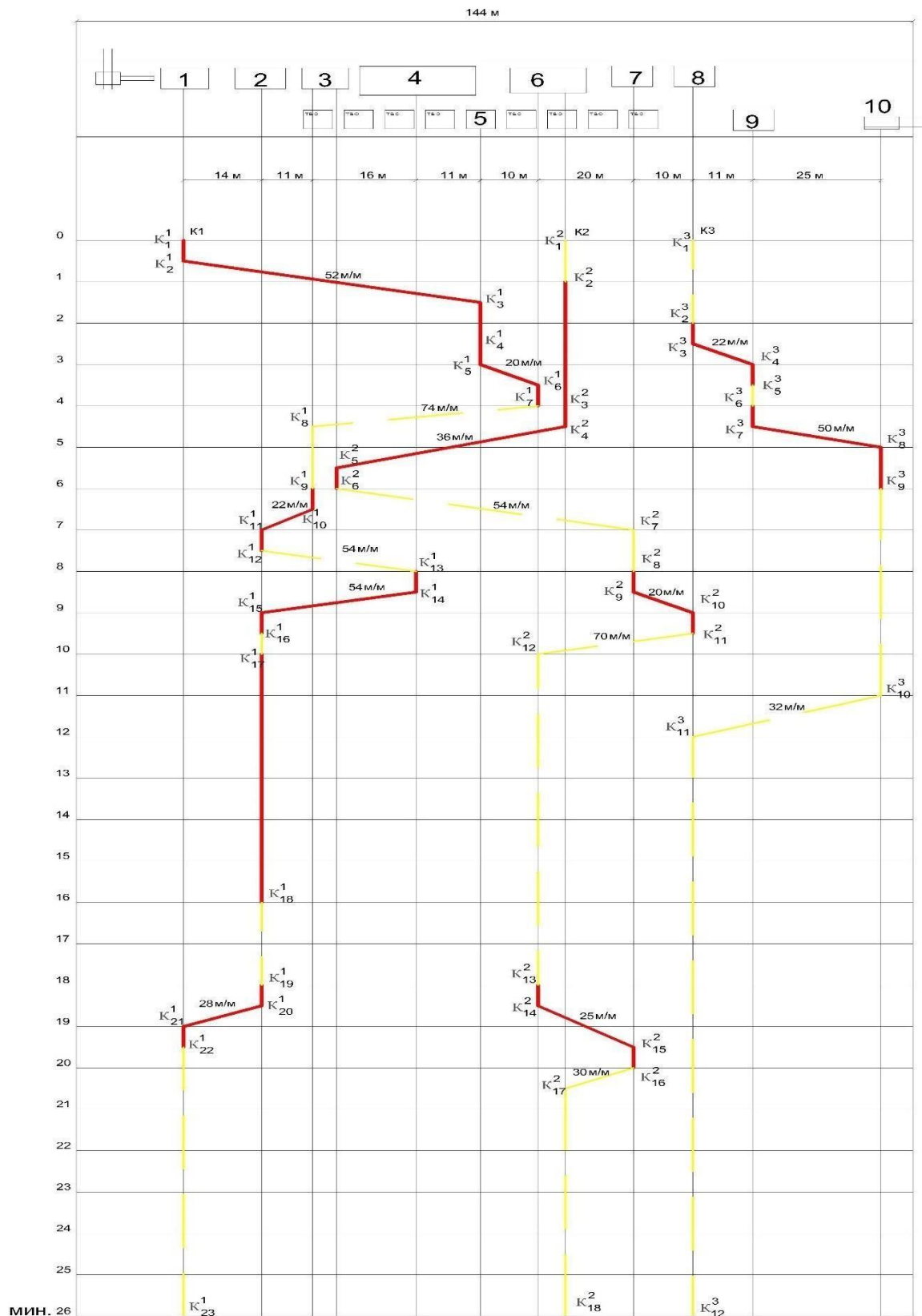
ПОСТРОЙКА ЦИКЛОГРАММЫ ПО ВТОРОМУ СПОСОБУ ОПТИМИЗАЦИИ

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

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

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

Циклограмма по второму способу оптимизации представлена на рисунке 8.



Циклограмма по второму способу оптимизации.

1 – пост формования; 2 – пост армирования; 3 – пост подготовки форм; 4 – пост изготовления арматурного каркаса; 5 – пост ТВО; 6 – пост распалубки; 7 –

пост гидроиспытания; 8 – пост механического испытания; 9 – пост приемки и маркировки; 10 – склад готовой продукции.

ПОСТЫ И ОПЕРАЦИИ ПО ВТОРОМУ СПОСОБУ ОПТИМИЗАЦИИ

Кран №1;←

K¹₁-K¹₂ – строповка изделия;←

K¹₂-K¹₃ – перемещение изделия на пост ТВО;←

K¹₃-K¹₄ – расстроповка формы;←

K¹₄-K¹₅ – строповка изделия;←

K¹₅-K¹₆ – перемещение изделия на пост распалубки;←

K¹₆-K¹₇ – расстроповка формы;←

K¹₇-K¹₈ – переход крана на пост подготовки форм;←

K¹₈-K¹₉ – простой крана;←

K¹₉-K¹₁₀ – строповка формы;←

K¹₁₀-K¹₁₁ – перемещение формы на пост армирования;←

K¹₁₁-K¹₁₂ – расстроповка формы;←

K¹₁₂-K¹₁₃ – переход крана на пост изготовления арматурных каркасов;

K¹₁₃-K¹₁₄ – строповка арматурного каркаса;←

K¹₁₄-K¹₁₅ – перемещение арматурного каркаса на пост армирования;←

K¹₁₅-K¹₁₆ – расстроповка арматурного каркаса;←

K¹₁₆-K¹₁₇ – простой крана;←

K¹₁₇-K¹₁₈ – установка арматурного каркаса в форму;←

K¹₁₈-K¹₁₉ – простой крана;←

K¹₁₉-K¹₂₀ – строповка формы;←

K¹₂₀-K¹₂₁ – перемещение формы на пост армирования;←

K¹₂₁-K¹₂₂ – расстроповка формы;←

K¹₂₂-K¹₂₃ – простой крана.←

Кран №2:↵

K²₁-K²₂ – простой крана;↵

K²₂-K²₃ – распалубка изделия;↵

K²₃-K²₄ – строповка формы;↵

K²₄-K²₅ – перемещение формы на пост подготовки форм;↵

K²₅-K²₆ – расстроповка формы;↵

K²₆-K²₇ – переход крана на пост гидроиспытания;↵

K²₇-K²₈ – простой крана;↵

K²₈-K²₉ – строповка изделия;↵

K²₉-K²₁₀ – перемещение изделия на пост механического испытания;

K²₁₀-K²₁₁ – расстроповка изделия;↵

K²₁₁-K²₁₂ – переход крана на пост распалубки;↵

K²₁₂-K²₁₃ – простой крана;↵

K²₁₃-K²₁₄ – строповка изделия;↵

K²₁₄-K²₁₅ – перемещение изделия на пост гидроиспытания;↵

K²₁₅-K²₁₆ – расстроповка изделия;↵

K²₁₆-K²₁₇ – переход крана на пост распалубки;↵

K²₁₇-K²₁₈ – простой крана.↵

Кран №3:↵

K³₁-K³₂ – простой крана;↵

K³₂-K³₃ – строповка изделия;↵

K³₃-K³₄ – перемещение изделия на пост приемки;↵

K³₄-K³₅ – расстроповка изделия;↵

K³₅-K³₆ – простой крана;↵

K³₆-K³₇ – строповка изделия;↵

K³₇-K³₈ – перемещение изделия на склад;↵

K³₈-K³₉ – складирование изделия;↵

K³₉-K³₁₀ – простой крана;↵

K³₁₀-K³₁₁ – переход крана на пост механического испытания;

K³₁₁-K³₁₂ – простой крана.↵

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА РАБОЧИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

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

Средняя интенсивность потребления ресурсов:

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

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

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

T_c – такт выпуска, мин.

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

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

$$\Delta H = H_f - H,$$

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

H – трудоемкость операции, мин.

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

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

До оптимизации:

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

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

После оптимизации по первому способу:

$$H_f = 4 * 20 = 80 \text{ чел-мин.}$$

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

После оптимизации по второму способу:

$$H_f = 3 * 26 = 78 \text{ чел-мин.}$$

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

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

$$Y_m = \frac{\sum Z_i \cdot K_i \cdot N_i}{3 \sum N_i},$$

где Z – характеристика вида механизации операции:

- $Z = 0$ - операция не механизирована;
- $Z = 1$ - операция выполняется при помощи машины ручного действия (без привода);
- $Z = 2$ - операция выполняется при помощи мех-ой машины (имеющей привод, но требующий ручной труд);
- $Z = 3$ – операция выполняется при помощи мех-ой машины (имеющий привод, не требующей ручного труда) или автоматом.

K – коэффициент степени механизации операций:

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

N_i – количество операций.

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

$$Y_a = \frac{\sum Z_i \cdot K_i \cdot N_i}{1,5 \sum N_i},$$

где Z – характеристика вида автоматизации операции:

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

K – коэффициент степени автоматизации операций:

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

N_i – количество операций

Для расчета уровня механизации и автоматизации используется сводная таблица 3.

Таблица 3 – Сводная таблица уровня механизации и автоматизации.

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

	бетоноукладчика								
	Итого		19	33,5			19	10	
			ni	Zikini			ni	Zikini	

Расчет уровней механизации и автоматизации:

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

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

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

РАЗДЕЛ 7. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Техника безопасности - это комплекс технических и организационных мер по обеспечению безопасных условий труда, в основном за счет предотвращения и устранения причины несчастных случаев. Такие меры могут включать: ограждения для вращающихся частей машин и механизмов, формулирование правил безопасной работы, обучение сотрудников правилам безопасности и защитное заземление электроустановок.

В целях обеспечения здоровья предприятия завод сборного железобетона является одним из предприятий, где санитарно-гигиенические условия труда и меры безопасности являются не только важнейшими стандартами повышения производительности труда. Вопрос об обеспечении нормальных санитарно-гигиенических условий труда на предприятиях по сбору чугуна поднимался даже при проектировании завода и должен строго соблюдаться при его эксплуатации. Поэтому для обеспечения безопасных и нормальных санитарно-гигиенических условий труда необходимо строго соблюдать действующие правила безопасности и производственной гигиены каждого предприятия.

Все работы, связанные с подготовкой производства чугуна, должны соответствовать СНиП 12-03-99.

Способы безопасного обращения и хранения должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.099.

1. Работа человека осуществляется в области мостовых кранов, а производство вибрирующих гидравлических труб осуществляется по технологии агрегатного потока, связанной с работой машин, учреждений и другого оборудования;

2. Оборудование для самостоятельного производства сборных железобетонных изделий соответствует требованиям, предъявляемым к производству медицинских изделий. 18. Экспертиза безопасности проводится на основании «Кодекса безопасности промышленных строительных материалов и гигиены промышленных строительных материалов» и СНиП 111-4-80;

3. Заземлите все электрическое оборудование и панели на технологической трассе в соответствии с «Правилами эксплуатации электрических устройств»;

4. Все операции в производственном процессе должны выполняться в строгой технологической последовательности;

5. Перед началом работ необходимо проверить техническое состояние и пригодность оборудования, инструмента и грузозахватных приспособлений (полосы, балки);

6. Необходимо строго соблюдать правила техники безопасности при работе агрегата;

7. Несанкционированное устранение необходимости во время формования изделий и термической обработки;

8. Прямок и рабочая зона должны быть изолированы;

9. Ступени лестниц и настилы платформ должны быть из гофрированной стали;

10. Груз должен эксплуатироваться в соответствии с техническим планом;

11. Для указания количества, даты испытания и грузоподъемности требуются соответствующие ярлыки. Все подъемное и подъемное оборудование, транспортные агентства и контейнеры должны быть своевременно проверены;

12. На всех машинах и в учреждениях должны быть инструкции по безопасной эксплуатации;

13. Освещение должно соответствовать стандартам освещения на рабочем месте;

14. Ремонт машин, механизмов и технологического оборудования должен выполнять профессиональный персонал;

15. Уровень вибрации не должен превышать допустимого значения, указанного в СН 245-71

«Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».

Внедрение техники безопасности при подъемных работах:

1. Все работающие в цеху должны знать место расположения рубильников, отключающих напряжение электрического крана;

2. Подъем и перемещение груза производить только по сигналам стрелка, подавая предупреждающие звуковые сигналы;

3. Крановщику запрещается оставлять инструменты, детали;

4. Перед началом работы стрелок должен выбрать грузозахватные приспособления, соответствующие весу и характеру поднимаемого груза;

5. Убедитесь, что груз надежно закреплен, что на нем нет деталей и нет людей;

6. Стрелок должен поддерживать груз при движении и следить за тем, чтобы он двигался над людьми и не мог за что-либо зацепиться.

Техника безопасности при смазке форм:

1. Каждый, кто работает в мастерской, должен знать его местонахождение;
2. Рабочая поверхность смазывает устройство только сверху вниз;
3. При смазке не использовать электросварку;
4. При нанесении смазки под давлением опрыскиватель должен быть оборудован длинной распылительной штангой (1,8–2 м);
5. Когда толщина не превышает 0,2-1 мм, смазку следует равномерно распределить по рабочей поверхности формы;
6. Когда эмульгированная смазка достигает платформы, эти участки покрываются опилками. Выньте опилки из мусорного ведра и не позволяйте смазке касаться зоны обслуживания;
7. Температура в смазочном составе не должна превышать 60 ° С.

Противопожарные мероприятия:

1. Чтобы работать, рабочие должны быть назначены на свои должности, и рабочие должны соблюдать систему противопожарной защиты;
2. Цех должен быть оборудован основными средствами пожаротушения: песочницами, ведрами, огнетушителями;
3. Система вентиляции, силовая электрическая, радиатор парового отопления должны регулярно удалять пыль по окончании каждой операции;
4. Каждый, кто приступает к работе, должен руководствоваться правилами пожарной безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана технология производства безнапорных труб центрифугированных на заводе ЖБИ 1 в Челябинске. решена проблема рационального использования трудовых ресурсов. В процессе работы в виде циклограммы наглядно проявляется согласованность времени выполнения отдельных операций.

В ВКР представлены технические характеристики механического оборудования, производственный процесс и механическое оборудование, используемое в процессе производства, определен процесс термообработки разработано решение для автоматизации процесса термообработки. Повышая уровень механизации и автоматизации, можно использовать более современное оборудование, что снизит долю ручного труда в общих затратах на рабочую силу.

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 6482-2011. Трубы железобетонные безнапорные. – 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 центрифугированных труб со спиральноперекрестным 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 предприятиями стройиндустрии: учебное пособие /С.Н. Погорелов. – Челябинск: Изд. ЧГТУ, 1995 – 26 с.
9. Попов, А.Н. Производство железобетонных безнапорных центрифугированных 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 изготовления 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.