

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой

/А.А. Орлов/

«    »    \_\_\_\_\_    2020 г.

**Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе**  
**08.03.01.2020.082.00.00.ПЗ**  
**Совершенствование производства объемных шахт лифта в ФЦ№2 ООО**  
**«Бетотек»**

Руководитель ВКР

/М.Д. Бутакова/

«    »    \_\_\_\_\_    2020 г.

Автор ВКР

Студент группы АС –461

/А.Е. Сницарь/

«    »    \_\_\_\_\_    2020 г.

Нормоконтролёр

/Т.Н. Черных/

«    »    \_\_\_\_\_    2020 г.

Челябинск  
2020

## АННОТАЦИЯ

Сницарь А.Е. Совершенствование производства объемных шахт лифта в ФЦ№2 ООО «Бетотек» – Челябинск: ЮУрГУ, СМиИ, 2020, 113с., 31 ил., 26 табл.

Библиографический список – 73 наименования.

В выпускной квалификационной работе представлено предложение по совершенствованию производства объемных шахт лифтов на предприятии ООО «Бетотек». Описана характеристика района размещения предприятия, генеральный план и его основные технико-экономические показатели. Также описаны характеристики используемого сырья и материалов: щебень, песок, цемент, вода.

Включен список номенклатуры выпускаемой продукции на предприятии ООО «Бетотек». Для среднего объемного блока шахты лифта описаны технические требования, требования к бетону, к арматурным и закладным изделиям, к точности изготовления конструкций, к качеству поверхности и внешнему виду конструкции. Также представлены методы контроля и испытаний, рекомендации по приемки, маркировки, хранения и транспортирования изделий. Для среднего блока ШЛС 28-40 присутствуют основные параметры и размеры.

Для выбора способа производства шахт лифтов, проведен анализ существующих заводов с различными способами формования изделий. Также представлена существующая технология по изготовлению панелей шахт лифтов на предприятии ООО «Бетотек». На основе данных предложена стендовая технология производства объемных блоков в термоформе с обогреваемыми наружными бортами и сердечником.

					08.03.01.2020.082.00.00.ПЗ			
Изм	Дата	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Сницарь А.Е.			Совершенствование производства объемных шахт лифта в ФЦ№2 ООО «Бетотек»	Литера	Лист	Листов
Проверил		Бутакова М.Д.				ВКР	4	113
Нормоконтр.		Черных Т.Н.				ЮУрГУ (НИУ)		
Зав. каф.		Орлов А.А.				Кафедра «Строительные материалы и изделия»		

Представлена характеристика основного механического оборудования, рассчитаны необходимые характеристики бетоноукладчика. Проведена оптимизация производства при заданном ритме выпуска изделий, и рассчитаны уровни механизации и автоматизации. Обоснован способ и режим тепловой обработки, рассчитан тепловой баланс для периодов поднятия температуры и изотермического выдерживания. Проведена автоматизация термоформы, представлено описание функциональной схемы системы автоматизации.

Для оценки эффективности принятых решений рассчитаны основные технико-экономические показатели. Представлена техника безопасности на предприятии и охрана окружающей среды.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ .....	10
1.1 Характеристика района размещения предприятия.....	10
1.2 Генеральный план и транспорт .....	11
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСПОЛЬЗУЕМОГО СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ ...	14
3 НОМЕНКЛАТУРА ИЗДЕЛИЙ.....	19
3.1 Номенклатуры выпускаемой продукции.....	19
3.2 Основные параметры и размеры шахт лифтов .....	20
3.3 Технические требования .....	22
3.4 Требования к бетону.....	23
3.5 Требования к арматурным и закладным изделиям.....	25
3.6 Точность изготовления конструкций.....	25
3.7 Качество поверхностей и внешний вид конструкций.....	26
3.8 Приемка изделий.....	27
3.9 Методы контроля и испытаний .....	28
3.10 Маркировка, хранение и транспортирование .....	29
4 ВЫБОР СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА ШАХТ ЛИФТОВ.....	30
4.1 Существующие заводы с различными способами формования.....	31
4.2 Применяемая технология производства шахт лифтов на предприятии ООО «Бетотек».....	43
4.3 Предлагаемая технология производства объемных шахт лифтов.....	45
5 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	48
5.1 Характеристика основного механического оборудования .....	49
5.2 Расчет бетоноукладчика .....	59
6 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА .....	62
6.1 Описание технологического процесса.....	62
6.2 Оптимизация при заданном ритме выпуска изделий.....	66
6.3 Расчет уровней механизации и автоматизации .....	67
7 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕРМОФОРМЫ .....	71

7.1	Описание процессов, протекающих при тепловой обработке .....	71
7.2	Обоснование способа и режима тепловой обработки.....	75
7.3	Тепловой баланс периода поднятия температуры.....	76
7.4	Тепловой баланс в период изотермического выдерживания .....	80
8	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕРМОФОРМЫ.....	83
8.1	Технологические параметры, подлежащие контролю и регулированию .....	84
8.2	Построение функциональной схемы системы автоматизации .....	86
9	ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ .....	88
9.2	Основные экономические показатели .....	89
10	ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ..	93
10.1	Микроклимат.....	94
10.2	Освещение .....	96
10.3	Уровень шума.....	97
10.4	Уровень вибрации.....	98
10.5	Электробезопасность.....	100
10.6	Пожаробезопасность.....	101
10.7	Химические опасные и вредные производственные факторы.....	102
10.8	Охрана окружающей среды .....	103
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	106
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	108

## ВВЕДЕНИЕ

Разработку и внедрение технологических линий по производству объёмных элементов, перенос производства и комплектации которых в заводские условия, вызывает необходимость увеличения темпов жилищного строительства. Что позволит на 15–20 % снизить общую трудоёмкость работ при существенном улучшении качества.

В данной работе будет рассматриваться производство объёмной шахты лифта на заводе ООО «Бетотек».

Лифт это разновидность грузоподъемной машины, которая предназначена для вертикального или наклонного перемещения грузов на специальных платформах, которые перемещаются по жестким направляющим.

По виду транспортируемых грузов лифты и шахты лифтов подразделяются:

- пассажирские, в которых может осуществляться перевозка легких грузов и предметов домашнего обихода при условии, что их общая масса вместе с пассажиром не превышает грузоподъемности лифта;
- грузовые, предназначены для перевозки только грузов и грузов с сопровождающим персоналом, перевозка людей запрещена;
- грузопассажирские, имеют увеличенную площадь пола и размер дверей, предназначены для транспортировки людей и грузов;
- грузовые платформы используются для транспортировки грузов, материалов и оборудования;
- промышленные используют в зданиях с запылённой, содержащей агрессивные газы, взрыво- и пожароопасной окружающей средой и для опасных производств.

В состав лифтовой системы входит непосредственно сама кабина лифта, а также противовес, гидроцилиндр и шахта лифта.

Кабина – часть лифта, служащая для размещения и подъема людей и/или груза. Состоит из платформы, рамы, ограждения и дверей.

Противовес – это устройство необходимое для уравнивания массы кабины и части полезного груза, а также которое обеспечивает тяговую способность системы.

Гидроцилиндр – сборочный узел гидравлического лифта, который состоит из цилиндра и плунжера и приводимый в действие гидравлической жидкостью.

Для безопасного использования лифта, кабину лифта, противовес и гидроцилиндр помещают в шахту.

Шахта лифта – пространство, в котором перемещается кабина и, если есть, противовес, также данное пространство оборудовано направляющими кабины и противовесами, дверями посадочных площадок, буферами или упорами в прямке.

По конструкции шахты лифтов можно разделить на глухие и приставные. Глухие шахты ограждают со всех сторон, как правило, возводятся внутри здания. Приставные шахты лифтов возводятся снаружи здания, они имеют сплошное ограждение и возможность остекления. Данный тип шахт относят к металлокаркасным шахтам, несущие конструкции каркаса закрепляются к стене здания кронштейнами. Такие шахты возводят не только при реконструкции старых малоэтажных зданий, но и во вновь строящихся.

Также шахты лифтов подразделяют на несущие, конструкции которых способны воспринимать все нагрузки, возникающие при работе лифтового оборудования, и ненесущие, которые выполняют только функции ограждения, а нагрузки полностью или частично передаются на элементы зданий.

Для изготовления стен лифтовых шахт в качестве строительных материалов используют: полнотелый кирпич, бетон и железобетон.

# 1 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Характеристика района размещения предприятия

Предприятие ООО «Бетотек» расположено по улице Героев Танкограда Калининского района города Челябинска.

В целом за год в розе ветров г. Челябинска преобладают ветра южного, юго-западного и северо-западного направления, следовательно выбросы пыли попадают в промышленную зону города.

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

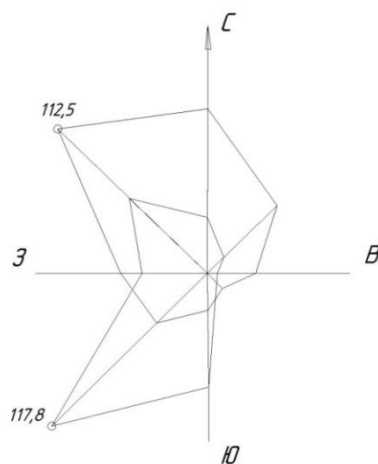


Рисунок 1 – Годовая роза ветров г. Челябинска по многолетним данным

По данным климатического справочника климатические условия Челябинска характеризуются следующими показателями:

- среднегодовая температура воздуха  $+15^{\circ}\text{C}$ ;
- максимальная температура воздуха в июле – августе месяцах  $+37...38^{\circ}\text{C}$ ;
- абсолютный минимум температуры воздуха в январе месяце  $-42...48^{\circ}\text{C}$ ;
- 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;
- наибольшая толщина снегового покрова – 30...40 см;
- грунтовые воды на глубине 4,5 м;
- снеговая нагрузка 100 кг/м<sup>2</sup>;
- ветровая нагрузка 40 кг/м<sup>2</sup>;
- зона влажности района С;
- сейсмичность: отсутствует.

## 1.2 Генеральный план и транспорт

Санитарно-защитная зона для заводов ЖБИ в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 [35] составляет 300 метров.

С учетом розы ветров селитебная зона будет располагаться северо-восточней предприятия на расстоянии не мене 300 м.

В первом формовочном цехе размерами 24×132м используется полуконвейерная линия для производства трехслойных железобетонных стеновых панелей и доборных элементов. Каркас здания выполнен из металлоконструкций с шагом колонн 6м. Стены цеха сделаны из трехслойных железобетонных панелей промышленных зданий. Цех оснащен двумя кран-балками грузоподъемностью по 10т. В цехе имеется вывозная тележка на канатной тяге, которая доставляет изделия на склад готовой продукции. Склад готовой продукции №1 оснащен козловым краном, которым готовые изделия отгружаются на полуприцепы-панелевозы.

Технологическое оборудование для изготовления арматуры размещено в отдельном цехе размерами 18×84м. Арматурный цех снабжает арматурными сетками, каркасами, гнутыми элементами и прочими изделиями и заготовками все формовочные цеха. Арматура доставляется автотранспортом – погрузчиком с прицепом.

К арматурному цеху прилегает второй формовочный цех 18×96м по производству однослойных внутренних стеновых панелей, плит перекрытий и вентиляционных блоков, оснащенный тремя кассетными установками и установкой для

одновременного формирования 12 вентиляционных блоков. Продукция этих цехов поступает на закрытый склад готовой продукции №2, оснащенный мостовым краном.

В отдалении от основных производственных цехов располагаются формовочный цех №3 (18x72м), и формовочный цех №4 (18x72м). ФЦ3 оснащен двумя кран - балками, ФЦ4 - тремя грузоподъемностью по 5т.

Бетонная смесь в ФЦ1, ФЦ2 посредством адресной подачи доставляется с ООО «БРУ», входящим в холдинг УМР-4. В ФЦ3 и ФЦ4 бетонная смесь доставляется автобетоносмесителем.

Склады цемента и заполнителей расположены по отношению к административно-бытовым зданиям с подветренной стороны.

Имеются автомобильные и железнодорожные подъездные пути. Ширину ворот автомобильных въездов на площадку принимаем по наибольшей ширине применяемых автомобилей (8000мм). Ширина автодороги на предприятии – 6м.

По территории предприятия проходит железнодорожная ветка. Ширину ворот для железнодорожных въездов принимаем не менее 4,9 м.

Вдоль магистральных и производственных дорог предусмотрены тротуары независимо от интенсивности пешеходного движения, а вдоль проездов и подъездов – при интенсивности движения не менее 100 чел в смену.

Основным элементом озеленения территории предприятия является газон.

В предзаводской зоне расположена стоянка легковых автомобилей. Доставка исходных материалов и вывоз готовой продукции осуществляется автотранспортом. Материалы привозятся грузовыми автомобилями – КамАЗами. Готовые изделия перемещаются из цеха на открытые склады готовых изделий самоходной тележке в, склады оборудованы кранами грузоподъемностью 10 тонн, для выгрузки изделий с самоходных тележек. Изделия со складов перемещаются на строительные объекты с помощью панелевозов.

Основные технико-экономические показатели генерального плана:

- площадь территории в условных границах: 3,32 га;
- площадь застройки: 1,87 га;

- площадь озеленения: 0,24 га;
- площадь автодорог и тротуаров: 0,66 га;
- протяженность автодорог: 763,2 м;
- протяженность железнодорожных путей: 250 м;
- коэффициент плотности застройки: 56%;
- коэффициент озеленения: 9%;
- коэффициент использования территории: 76%.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСПОЛЬЗУЕМОГО СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ

Щебень гранитный с Новосмолинского карьера г. Челябинск [62].

Таблица 2 – Качественные показатели сырья

Показатели	Значения показателей
Объемная масса в плотном теле, т/м <sup>3</sup>	2,75
Водопоглощение	0,08-0,786
Предел прочности при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	до 2080
Пористость, %	0,1-4,3
Химический состав, %:	
SiO <sub>2</sub>	61,82
TiO <sub>2</sub>	0,82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,20
FeO	2,80
MnO	0,08
CaO	5,19
MgO	2,77
Na <sub>2</sub> O	3,33
K <sub>2</sub> O	2,03
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,19
S	<0,1
CO <sub>2</sub>	0,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,59

Удельная эффективная активность естественных радионуклидов до 370 Бк/кг. Вся продукция Новосмолинского карьера относится к I классу и может применяться в любых видах строительства без ограничений.

Таблица 3 – Качественные показатели щебня

Показатель	Значение показателя
Объемно-насыпной вес щебня, т/м <sup>3</sup> :	
фракция 20-70	1,4
фракция 20-40	1,4

Окончание таблицы 3

Показатель	Значение показателя
фракция 5-20	1,37
фракция 3-10	1,34
Морозостойкость	F400
Марка щебня по прочности, кг/см <sup>2</sup>	1400
Марка щебня по износу	И-1
Содержание зерен слабых пород, %	до 5
Содержание пылевидных, глинистых частиц	до 2
Содержание зерен пластинчатой (лещадной и игловатой) формы	15-25%
Зерновой состав	ГОСТ 8267–93 [36]
Содержание вредных компонентов и примесей	отсутствуют

Песок природный месторождения «Хлебороб» Челябинской области [63].

Таблица 4 – Показатели песка

Измерительный показатель	Значения показателей	Требование по ГОСТ 8736–93 [38]	Соответствие требованиям ГОСТ 8736–93 [38]
Модуль крупности	2,62	Свыше 2,5 до 3,0	Группа песка – крупный
Содержание зерен крупностью свыше 10 мм, %	3,16	Не более 0,5 – I класс Не более 5 – II класс	Соответствует II классу
Содержание зерен крупностью свыше 5 мм, %	4,47	Не более 5 – I класс Не более 20 – II класс	Соответствует I классу
Полный остаток на сите с сеткой №063, %	50,08	Свыше 45 до 65	Соответствует

Окончание таблицы 4

Измерительный показатель	Значения показателей	Требование по ГОСТ 8736–93 [38]	Соответствие требованиям ГОСТ 8736–14 [38]
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	1,32	Не более 2 – I класс Не более 3 – II класс	Соответствует I классу
Содержание глины в комках, %	0	Не более 0,25 – I класс Не более 0,5 – II класс	Соответствует I классу

Таблица 5 – Зерновой состав песка

Наименование остатка	Остатки на ситах, % по массе					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	Менее 0,16
Частный	11,38	10,70	28,00	32,28	14,23	3,41
Полный	11,38	22,08	50,08	82,36	96,59	100

Минералого-петрографический состав песка:

- кварц 95,7 % по массе;
- полевой шпат 3,3 % по массе;
- халцедон 0,5% по массе;
- серый кварцит 0,5 % по массе.

Вредные примеси:

- сера, сульфиды, кроме пирита (марказит, пирротин и др.) и сульфаты (гипс, ангидрит и др.) в пересчете на  $SO_3$ , % массы – менее 0,1;
- пирит в пересчете на  $SO_3$ , % массы – отсутствует;
- слоистые силикаты (слюды, гидрослюды, хлориты и др., являющиеся породообразующими минералами), % массы – 0,01;

– магнетит, гидроксиды железа, апатит, нефелин, фосфорит, являющиеся породообразующими минералами, % массы в сумме – 0,01;

– галоиды (галит, сильвин и др.), содержащие водорастворимые хлориды, в пересчете на ион хлора, % массы – менее 0,1;

– свободное волокно асбеста, % массы – отсутствует;

– уголь, % массы – отсутствует.

Цемент ЗАО «Катавский цемент» – шлакопортландцемент ЦЕМ III/A 32,5Н.

Таблица 6 – Строительно-технические свойства цемента

Показатели	Норматив по ГОСТ 31108–2016 [47]	Значение показателя
Предел прочности при сжатии, МПа В возрасте: 7 суток; 28 суток	не менее 16	21,1 ± 1,2
	не менее 32,5, не более 52,5	36,7 ± 1,3
Начало схватывания, мин	не ранее 75	103 ± 10
Конец схватывания, мин	не нормируется	205 ± 20
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	не нормируется	290 ± 15
Тонкость помола, проход через сито №008, %	не нормируется	90,3 ± 0,3
Нормальная плотность цементного теста, %	не нормируется	28,1 ± 0,1
Ложное схватывание	не нормируется	отсутствует
Равномерность изменения объема, мм	не более 10	0
Потеря массы при прокаливании, %	не более 5	2,2 ± 0,5
Нерастворимый остаток, %	не более 5	0,27 ± 0,5
Содержание оксида серы (VI) SO <sub>3</sub> , %	не более 4	2,92 ± 0,32
Содержание хлорид-иона СГ, %	не более 0,1	0,056 ± 0,001
Содержание минеральной добавки, %	не более 65	38,1 ± 1,2
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов A <sub>эфф</sub> , Бк/кг	не более 370	112 ± 5

Таблица 7 – Химический состав клинкера

Показатели	Норматив по ГОСТ 31108–2016 [47]	Значение показателя
Оксид кальция	CaO/SiO <sub>2</sub> > 2	63,71 ± 0,5
Оксид кремния		20,93 ± 0,2
Оксид алюминия	не нормируется	5,41 ± 0,1
Оксид железа (III)	не нормируется	4,45 ± 0,15
Оксид магния	не более 5	2,49 ± 0,15
Оксид серы (VI)	не нормируется	0,29 ± 0,1
Щелочные оксиды (в пересчете на Na <sub>2</sub> O)	не нормируется	1,11 ± 0,05

Таблица 8 – Минералогический состав клинкера

Показатели	Норматив по ГОСТ 31108–2016 [47]	Значение показателя
Трехкальциевый силикат (C <sub>3</sub> S)	C <sub>3</sub> S + C <sub>2</sub> S > 67,0	54,0 ± 2,0
Двухкальциевый силикат (C <sub>2</sub> S)		19,0 ± 1,5
Трехкальциевый алюминат (C <sub>3</sub> A)	не нормируется	6,3 ± 0,5
Четырехкальциевый алюмоферит (C <sub>4</sub> AF)	не нормируется	13,5 ± 0,5

Вода для затворения бетонной смеси должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732 [37].



### 3 НОМЕНКЛАТУРА ИЗДЕЛИЙ

#### 3.1 Номенклатуры выпускаемой продукции

На предприятии ООО «Бетотек» одним из основных видов продукции является трехслойные железобетонные панели с утеплителем для наружных стен многоэтажных жилых и общественных зданий, производственных, административных и бытовых зданий промышленных предприятий, которые производятся в первом формовочном цехе.

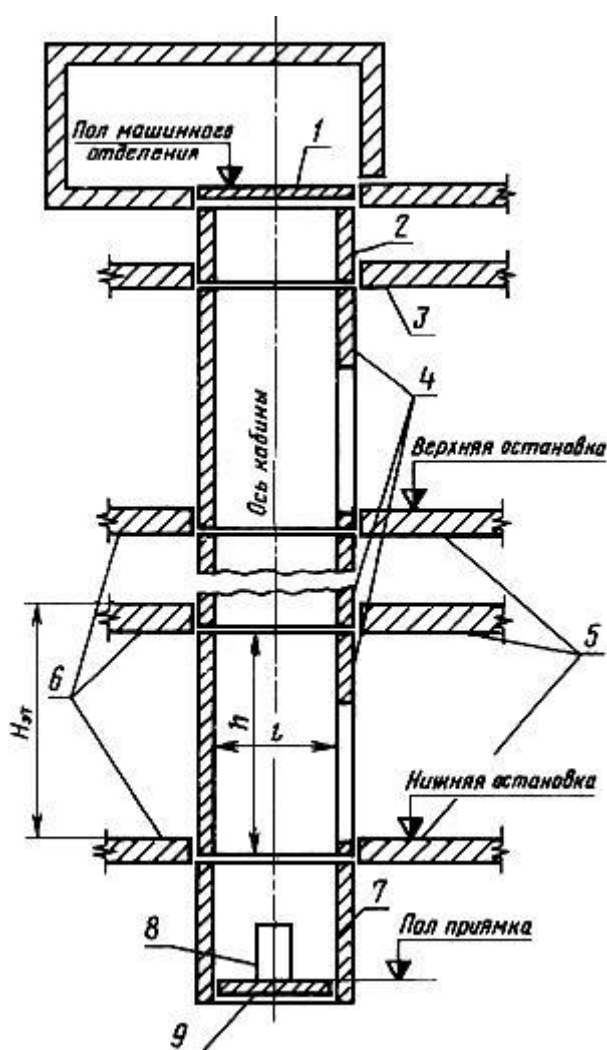
Номенклатура железобетонных изделий, выпускаемых на предприятии ООО «Бетотек»:

- трехслойные наружные стеновые панели: с гладкой поверхностью под покраску, с обнаженным декоративным заполнителем, с матричным рисунком, облицованные плиткой или мозаикой, фотобетон;
- однослойные железобетонные внутренние панели;
- плоские железобетонные плиты перекрытия;
- железобетонные сборные элементы шахты лифта;
- плиты трехслойные для промышленных зданий;
- колонны;
- железобетонные сборные элементы диафрагм жесткости;
- плиты плоские железобетонные;
- сваи;
- перемычки железобетонные;
- плиты лоджии и балконов;
- лестничные площадки и марши;
- вентиляционные блоки;
- панели ограждений;
- прогоны железобетонные;
- блоки бетонные для стен подвалов.

### 3.2 Основные параметры и размеры шахт лифтов

В зависимости от назначения и расположения по высоте конструкции шахт лифтов подразделяют на следующие типы (рисунок 2):

- ШЛН – объемные блоки шахт лифтов нижние;
- ШЛС – блоки средние;
- ШЛВ – блоки верхние;
- ПЛ – плиты перекрытия над шахтами лифтов;
- ПП – плиты пола прямка шахт лифтов;
- ТЛ – тумбы под буферы кабин лифтов.



1 – плита перекрытия над шахтой лифта; 2 – верхний блок; 3 – чердачное перекрытие; 4 – средние блоки; 5 – лестничные площадки; 6 – междуэтажные перекрытия; 7 – нижний блок; 8 – тумба под буфер кабины; 9 – плита пола прямка;

$H_{эт}$  – высота этажа здания.

Рисунок 2 – Схема шахты лифта

Конструкции шахт лифтов изготавливают в двух исполнениях в зависимости от расположения противовеса по отношению к кабине лифта: противовес сзади кабины, противовес справа кабины.

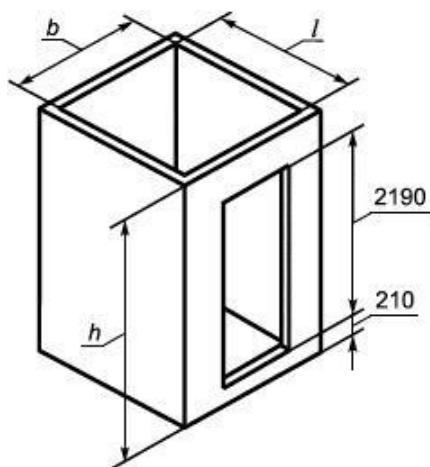


Рисунок 3 – Схема среднего объемного блока шахты лифта

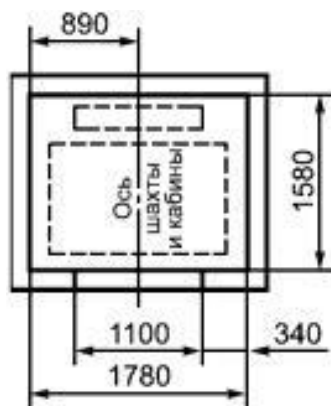


Рисунок 4 – Схема кабины с противовесом сзади

Таблица 9 – Основные параметры и размеры блока шахты лифта

Наименование конструкции	Номинальная скорость лифта, м/с	Расположение противовеса	Марка конструкции	Грузоподъемность, кг	Основные размеры конструкции, мм			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса конструкции (справочная), т
					Ширина, b	Длина (глубина), l	Высота (толщина), h		
Средний блок	1,0 и 1,6	Сзади кабины	ШЛС 28-40	400	1780	1580	2780	1,76	4,5

Примечание к таблице: справочная масса конструкций подсчитана для блоков со стенками толщиной 100 мм и средней плотности железобетона 2500 кг/м<sup>3</sup>.

Номинальную толщину стенок блоков принимают кратной 20 мм. При необходимости устройства технологических уклонов стенок блоков следует предусматривать их только на стенках без дверного проема. Уклоны следует обеспечивать за счет утолщения стенок в верхнем сечении вовнутрь на величину до 10 мм.

Конструкция блоков должна предусматривать возможность их установки и фиксации в проектное положение в процессе монтажа, в том числе с помощью монтажных инвентарных приспособлений.

Конструкции шахт лифтов следует обозначать в соответствии с требованиями ГОСТ 23009 [3].

Обозначение (марка) конструкций состоит из буквенно-цифровых групп, разделенных дефисами. Первая группа содержит обозначение типа конструкции и ее номинальные размеры в дециметрах, значения которых округляют до целого числа для блоков – высоту. Первую группу, при необходимости, дополняют строчными буквами "пр" - при расположении противовеса с правой стороны кабины.

Во второй группе приводят:

– грузоподъемность лифта, в десятках килограммов; блоки для шахт лифтов грузоподъемностью 400 и 630 кг, имеющие ограниченный срок применения, дополнительно обозначают строчной буквой "а";

– прописную букву "Л" для конструкций, изготовляемых из легкого бетона.

Например, ШЛС 28-40 – блок типа ШЛС высотой 2780 мм с противовесом сзади кабины, для шахты лифта грузоподъемностью 400 кг из тяжелого бетона.

### 3.3 Технические требования

Конструкции шахт лифтов следует изготовлять в соответствии с требованиями ГОСТ 17538–82. «Конструкции и изделия железобетонные для шахт лифтов жилых зданий. Технические условия» [2] по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке. Конструкции шахт должны удовлетворять установленным при проектировании требованиям по прочности, жесткости и трещиностойкости. Блоки должны быть цельноформованными.

В случаях, предусмотренных рабочими чертежами, блоки должны иметь:

– закладные изделия для крепления кронштейнов направляющих кабин и противовесов, а также для крепления дверей шахты; по согласованию с организацией, осуществляющей монтаж лифтов, блоки могут изготавливаться без закладных изделий в случае выполнения указанных креплений с помощью болтовых соединений или с применением других решений;

– элементы для фиксации и установки блоков в проектное положение;

– проемы и отверстия для установки сигнальной и вызывной электроаппаратуры, для аварийного отпирания дверей шахты, а также ниши (или закладные изделия) для установки брусьев под настилы, с которых выполняется монтаж оборудования лифта, и для других устройств.

В случаях, требующих усиления монолитности узловых соединений элементов шахт лифтов и зданий, и для строительства в сейсмических районах, блоки могут изготавливаться с дополнительными закладными изделиями, с выпусками арматуры, шпонками и другими конструктивными деталями для увеличения связи между элементами.

### 3.4 Требования к бетону

Фактическая прочность бетона конструкций в проектном возрасте и отпускная должна соответствовать требуемой, назначаемой по ГОСТ 18105–2010 [4] в зависимости от нормируемой прочности бетона, указанной в рабочих чертежах, и от показателя фактической однородности прочности бетона.

Фактическую прочность бетона в партии  $R_{\phi}$ , МПа, рассчитывают по формуле

$$R_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \quad (1)$$

где  $R_i$  – единичное значение прочности бетона, МПа;  $n$  – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

За единичное значение прочности бетона принимают:

– при контроле по образцам – среднюю прочность серий образцов, изготовленных из одной пробы бетонной смеси, готовой к применению;

– при контроле неразрушающими методами – среднюю прочность бетона контролируемого участка или зоны конструкции или среднюю прочность бетона отдельной конструкции.

Требуемую прочность бетона  $R_T$  МПа, рассчитывают по формуле

$$R_m = K_m * B_{норм}, \quad (2)$$

где  $K_T$  – коэффициент требуемой прочности;  $B_{норм}$  – проектный класс прочности бетона, МПа.

Поставку конструкций потребителю следует производить после достижения бетоном требуемой отпускной прочности.

Значение нормируемой отпускной прочности бетона конструкций принимают равным 70% класса или марки бетона по прочности на сжатие. При поставке конструкций в холодный период года – 80% класса или марки по прочности на сжатие, в соответствии с требованиями ГОСТ 13015.0–83 [5].

Поставку конструкций с отпускной прочностью бетона ниже прочности, соответствующей его классу или марке по прочности на сжатие, производят при условии, если изготовитель гарантирует достижение бетоном конструкций требуемой прочности в проектном возрасте, определяемой по результатам испытаний контрольных образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава и хранившихся в условиях согласно ГОСТ 18105–2010 [4].

Конструкции шахт следует изготавливать из тяжелого бетона по ГОСТ 26633–2012 [6] или легкого бетона плотной структуры по ГОСТ 25820–2000 [7]. Требования к морозостойкости бетона и к средней плотности легкого бетона конструкций согласно ГОСТ 13015–2012 [8].

Качество материалов, применяемых для приготовления бетона, должно обеспечивать выполнение технических требований к бетону, установленных ГОСТ 17538–82. «Конструкции и изделия железобетонные для шахт лифтов жилых зданий. Технические условия» [2].

### 3.5 Требования к арматурным и закладным изделиям

Форма и размеры арматурных и закладных изделий должны соответствовать указанным в рабочих чертежах конструкций шахт лифтов. Сварные арматурные и закладные изделия должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10922–2012 [9], а сварные сетки требованиям ГОСТ 23279–2012 [10].

Для изготовления монтажных петель конструкций следует применять стержневую гладкую горячекатаную арматуру класса А-I марок ВСт3сп2 и ВСт3пс2 или периодического профиля класса Ас-II марки 10ГТ по ГОСТ 5781–82 [11].

Сталь марки ВСт3пс2 не допускается применять для монтажных петель, предназначенных для подъема и монтажа конструкций шахт лифтов при температуре ниже минус 40 °С.

### 3.6 Точность изготовления конструкций

Отклонения действительных размеров конструкций от номинальных, указанных в рабочих чертежах, не должны превышать:

- по длине (глубине) и ширине изнутри блока 0; -6 мм;
- по высоте блока 0; -10мм;
- по толщине стенки блока  $\pm 5$  мм;
- по высоте и ширине дверного проема  $\pm 10$  мм;
- по размерам проемов, отверстий и ниш  $\pm 3$  мм;
- по размерам фиксирующих монтажных устройств, а также отверстий под болтовые соединения  $\pm 2$ .

Отклонение положения дверного проема и других проемов, отверстий и ниш в конструкциях от номинального, указанного в рабочих чертежах, не должно превышать 8 мм. Отклонение положения фиксирующих монтажных устройств в плоскости верхней и нижней граней блоков от номинального не должно превышать 2 мм.

Отклонения положения стальных закладных изделий от номинального, указанного в рабочих чертежах, не должны превышать:

- в плоскости грани конструкции 15мм;
- из плоскости грани конструкции 3мм.

Разности длин диагоналей боковых наружных плоскостей, верхней снаружи и изнутри и нижней изнутри плоскостей блоков не должна превышать 16 мм. Разность длин диагоналей дверных проемов не должна превышать 10 мм. Отклонение от плоскостности нижней грани блока в угловой точке, относительно плоскости, проведенной через три другие угловые точки не должно превышать 6 мм. Отклонение от прямолинейности профиля наружной поверхности блока в любом сечении на всю его длину, ширину и высоту, а также профиля верхней поверхности блока на всю длину каждой его стороны не должно превышать 5 мм.

Требования к толщине защитного слоя бетона и предельные отклонения толщины защитного слоя бетона до арматуры, согласно ГОСТ 13015.0–83 [5].

### 3.7 Качество поверхностей и внешний вид конструкций

Требования к качеству поверхностей и внешнему виду конструкций шахт, а также к защите от коррозии стальных закладных деталей по ГОСТ 13015.0–83 [5]. При этом качество бетонных конструкций должно удовлетворять требованиям, установленным для категорий:

- А2 – наружных поверхностей блоков, подготовленных под окраску;
- А6 – внутренних и торцовых поверхностей блоков;
- А7 – нелицевых поверхностей конструкций, невидимых в условиях эксплуатации.

По согласованию изготовителя с потребителем подготовленные под окраску наружные поверхности блоков могут быть категории А3.

При этом размеры раковин, местных наплывов и впадин на бетонной поверхности и околос бетонных ребер конструкций не должны превышать значений, указанных в таблице 10.



Таблица 10 – Допустимые размеры раковин, местных наплывов и впадин

Категория бетонной поверхности конструкции	Диаметр или наибольший размер раковины, мм	Высота местного наплыва (выступа) или глубина впадины, мм	Глубина окола бетона на ребре, измеряемая по поверхности конструкции, мм	Суммарная длина околов бетона на 1 м ребра, мм
A2	1	1	5	50
A3	4	2	5	50
A6	15	5	10	100
A7	20	не регламентируется	20	не регламентируется

Открытые поверхности стальных закладных изделий, монтажные петли, а также кромки отверстий, ниш и проемов должны быть очищены от наплывов бетона или раствора.

### 3.8 Приемка изделий

Конструкций шахт принимаются согласно с ГОСТ 13015–2012 [8] и ГОСТ 17538–82 [2].

При этом конструкции шахт принимают:

- по результатам периодических испытаний – по показателям морозостойкости бетона;
- по результатам приемо-сдаточных испытаний – по показателям прочности бетона, классу или марке по прочности на сжатие и отпускной прочности, средней плотности легкого бетона, соответствия арматурных изделий рабочим чертежам, прочности сварных соединений, точности геометрических параметров, толщины защитного слоя бетона до арматуры, ширины раскрытия технологических трещин, категории бетонных поверхностей.

Испытания конструкций нагружением при контроле их прочности, жесткости и трещиностойкости не проводят.

### 3.9 Методы контроля и испытаний

Прочность бетона на сжатие следует определять по ГОСТ 10180–2012 [12] на серии образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава и хранившихся в условиях, установленных ГОСТ 18105 [4].

При испытании конструкций шахт лифтов неразрушающими методами фактическую отпускную прочность бетона на сжатие следует определять:

- ультразвуковым методом по ГОСТ 17624–2012 [13];
- приборами механического действия по ГОСТ 22690 [14].

Морозостойкость бетона следует определять по ГОСТ 10060–2012 [15] на серии образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава.

Среднюю плотность бетона следует определять по ГОСТ 12730.0 [16] и ГОСТ 12730.1 [17] на образцах, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава.

Среднюю плотность бетона следует определять радиоизотопным методом по ГОСТ 17623 [18].

Методы контроля и испытаний сварных арматурных и закладных изделий следует принимать по ГОСТ 10922 [9] и ГОСТ 23858 [19]. Размеры и положение арматурных изделий, толщину защитного слоя бетона до арматуры следует определять по ГОСТ 17625 [20] и ГОСТ 22904 [21]. При отсутствии необходимых приборов допускается вырубка борозд и обнажение арматуры конструкций с последующей заделкой борозд.

Размеры, отклонения от прямолинейности, плоскостности и равенства диагоналей поверхностей конструкций, ширину раскрытия технологических трещин, размеры раковин, наплывов и околлов бетона конструкций следует проверять методами, установленными ГОСТ 26433.0–85 [22] и ГОСТ 13015.0–83 [5].

Размеры блоков по высоте должны измеряться снаружи во всех углах и в середине каждой грани. Размеры блоков по длине и ширине должны измеряться в опорном и верхнем сечениях блока.

Измерения с целью определения фактического положения фиксирующих монтажных устройств проводят для каждого устройства.

### 3.10 Маркировка, хранение и транспортирование

Конструкций шахт лифтов маркируются согласно с ГОСТ 13015–2012 [8], маркировочные знаки и надписи наносят на внутреннюю поверхности блока, расположенной сзади кабины лифта.

Транспортировать и хранить конструкции следует в соответствии с требованиями ГОСТ 13015–2012 [8] и ГОСТ 17538–82 [2].

На складе готовой продукции блоки шахт лифтов хранятся в рабочем положении, средние блоки устанавливаться в один ряд.

#### 4 ВЫБОР СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА ШАХТ ЛИФТОВ

В настоящее время сборка лифтовых установок осуществляется тремя основными методами: поэлементный монтаж, сборка укрупненными блоками и тюбинговый метод.

Поэлементный монтаж – монтаж, при котором из отдельных элементов и сборочных единиц, лифтовую установку собирают непосредственно на месте монтажа. Данный способ монтажа применяется при замене или реконструкции старых лифтов, а также при монтаже лифтов в малоэтажные здания.

Сборка укрупненными блоками – метод, при котором на заводе-изготовителе элементы и сборочные единицы лифта собираются предварительно в укрупненные блоки, которые в дальнейшем монтируются в лифтовую установку.

Тюбинговый метод – это метод сборки отдельных частей шахты из предварительно изготовленных объемных железобетонных элементов – тюбингов, в которых устанавливается часть оборудования лифта, как правило, это отрезок высотой в один проектируемый этаж.

Следовательно, можно выделить два основных способа производства шахт лифтов: отдельными сборочными единицами или объемными элементами.

Чаще всего производство лифтовых шахт организуют по стендовой схеме в стационарных кассетных формовочных установках.

Характерными чертами стендового способа производства железобетонных изделий является: весь процесс производства осуществляется в неподвижных формах или на специальных стендах; изделия остаются неподвижными в процессе обработки, а рабочее и технологическое оборудование перемещается от одной формы к другой; за каждым стендом или формой закрепляется одно или несколько технологически однородных изделий.

Изделия на стенде могут располагаться горизонтально, вертикально, последовательно, поштучно или пакетами, это влияет на конструктивные особенности установки. Стендовые установки по устройству могут быть стационарными или разборными. Стационарные установки выполняют в виде металлических форм,

железобетонных и бетонных форм-матриц с гладкой шлифованной поверхностью, а разборные – разъемные групповые кассеты и форм-стенды.

#### 4.1 Существующие заводы с различными способами формования

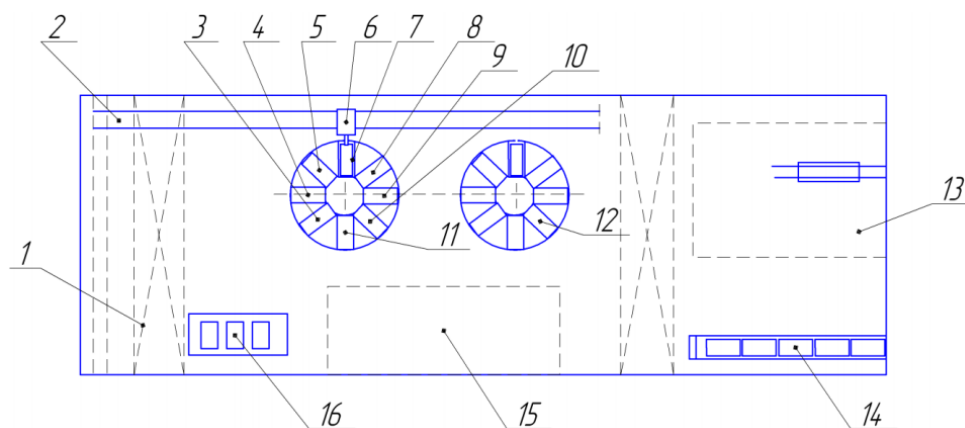
Кассетная установка карусельного типа, применяемая на Киевском домостроительном комбинате, представляет собой четыре шарнирно соединенных с основанием металлических щита с угловыми замками и навесными вибраторами, и внутренним металлический сердечником, в который встроен вибратор и система ускоренного прогрева изделий. Установку арматурного каркаса осуществляют после подготовки формы – чистки и смазки. Далее устанавливают и фиксируют две реброобразователи и затем собирают форму. Бетонная смесь с подвижностью 14–16 см укладываются из бадьи и уплотняются навесными вибраторами, установленными на щитах, и вибратором, встроенным в сердечник формы.

Тепловая обработка изделий происходит при температуре 90–95 °С за счет форсированного контактного прогрева, это позволяет получить за 5–6 часов распалубочную прочность бетона. Для уменьшения количества повреждений и снижения распалубочных усилий, сердечник кассетной установки выполняют с технологическими уклонами – в среднем 15–20 мм на высоту сердечника. После окончания тепловой обработки, изделия извлекают из кассетной установки. Их отправляют на специализированные посты или конвейерные линии: сборку, комплектацию и отделку. А форму подготавливают для следующего формования.

Кассетная установка карусельного типа на данном комбинате проходит один полный оборот в смену, обеспечивая достаточно высокую производительность.

Но для данного производства можно выявить существенный недостаток – высокий расход цемента на 1 м<sup>3</sup> низкомарочного бетона. Чтобы устранить недостаток кассетные установки дополнительно оснащают разными типами виброплощадок и механизмами сердечников. Например, виброплощадки с вертикально направленными колебаниями позволяют уплотнять бетонные смеси с осадкой конуса 8–10 см, а виброударные эффективны для бетонных смесей с осадкой конуса равной 4–6 см, что в целом обеспечивает экономию цемента 100–150 кг/м<sup>3</sup>.

Оптимизированным вариантом производства, используемого на Киевском домостроительном комбинате, является линия по производству лифтовых шахт с круговыми конвейерами (рисунок 5). За один оборот кругового конвейера в течение 12 часов происходит полный цикл производства объёмного элемента. Тепловая обработка выполняется на 6 постах конвейера, после ее окончания готовое изделие извлекают из формы. Форму, освободившуюся от изделия, чистят и смазывают, затем устанавливают арматурный каркас и закрывают наружные борта формы. После укладки бетонной смеси, ее уплотняют с помощью подъемной виброплощадки. Для того чтобы ускорить прогрев объёмного блока в сердечник начинают подавать пар [53].



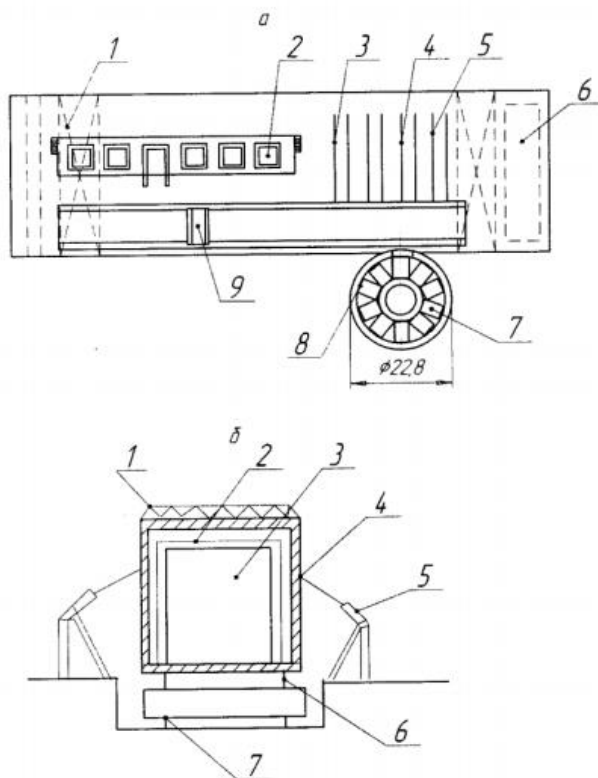
- 1 – мостовой кран; 2 – тракт подачи бетонной смеси; 3,4,8,9,10,11 – посты ТВО;  
 5 – пост извлечения готового изделия и подготовки форм; 6 – бетонораздатчик;  
 7 – пост формования с подъёмной виброплощадкой; 12 – карусельная установка;  
 13 – склад готовой продукции; 14 – конвейер отделки; 15 – склад арматуры;  
 16 – кондукторы для изготовления сеток и пространственных каркасов

Рисунок 5 – Схема линии по производству шахт лифтов на карусельных установках

На технологической линии малых объёмных блоков используют круговой конвейер для второй стадии тепловой обработки (рисунок 6,а). Такое конструктивное решение теплового агрегата непрерывного действия позволяет снизить тепловые потери благодаря совмещению процессов загрузки и выгрузки изделий из камеры на одном посту. Достоинством двухстадийной тепловой обработки яв-

ляется увеличение обрачиваемость формовочных установок и производительность линии в целом.

На каждом формовочном посту (рисунок 6,б) для уплотнения бетонной смеси установлена виброударная площадка. Форма состоит из наружных щитов с гидросистемами перемещений и переставного вакуум-щита для вакуумирования потолочной плиты блока [53].



- а – план линии: 1 – мостовой кран; 2 – стендовая формовочная установка; 3 – пост подготовки сердечников; 4 – пост распалубки; 5 – пост переналадки форм; 6 – участок сборки блоков; 7 – сердечник с пропариваемым изделием; 8 – камера тепловой обработки; 9 – передаточная тележка;
- б – схема формовочного поста: 1 – вакуумный щит; 2 – объемный блок; 3 – сердечник; 4 – продольный щит; 5 – гидроцилиндры продольных щитов; 6 – рельс; 7 – ударно-вибрационная площадка.

Рисунок 6 – Схема линии производства малых объёмных блоков по проекту ЦНИИЭП жилища

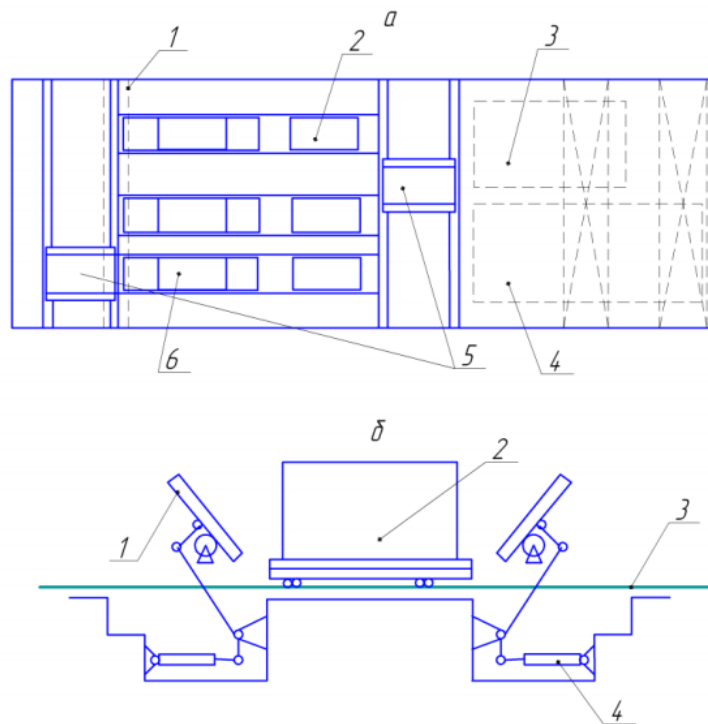
Перемещение между технологическими постами осуществляется на передаточной тележке со штанговым захватом. На посту подготовки сердечника его чистят и смазывают, затем устанавливают арматурный каркас, и тележка с сер-

дечником перемещается на пост формования. После фиксации вагонетки на виброплощадке наружные щиты формовочной установки закрывают и начинают бетонирование. При этом передний наружный щит состоит из двух половин, которые позволяют свободно перемещаться вагонетки с сердечником за счёт поворота на 90 градусов.

Для бетонирования блока используют бетонную смесь с осадкой конуса 2–4 см, а для снижения водосодержания бетонной смеси для потолочной плиты применяют вакуум-щит, который устанавливают на отформованный блок. Одновременно с формованием в сердечник и наружные щиты подают теплоноситель для прогрева бетона, что позволяет достичь распалубочной прочности через 2–3 часа. После завершения первого этапа тепловой обработки – достижения распалубочной прочности, наружные щиты раскрывают, и объёмный блок перемещается передаточной тележкой на вторую стадию тепловой обработки – в кольцевую камеру. Вторая стадия тепловой обработки завершается через 8 часов, когда вагонетка совершает в камере полный оборот. Далее изделие перемещается на пост выпрессовки сердечника, откуда готовый блок подаётся на посты сборки, комплектации и отделки.

На Минском заводе ОБД в 1969 году впервые была организована линия по производству монолитных крупноразмерных блоков, изготовление элементов типа «колпак» осуществлялось в стационарной кассетной установке с переставным сердечником (рисунок 7, а). После подготовки сердечник на передаточной тележке устанавливается на пост формования (рисунок 7, б), на котором наружные щиты кассетной установки собирают и фиксируют клиновыми зажимами [53].





а – план линии: 1 – тракт подачи бетонной смеси; 2 – пост выдержки изделий; 3 – пост складирования арматурных каркасов; 4 – зона сборки и отделки блоков; 5 – передаточные тележки; 6 – формовочные кассетные установки;

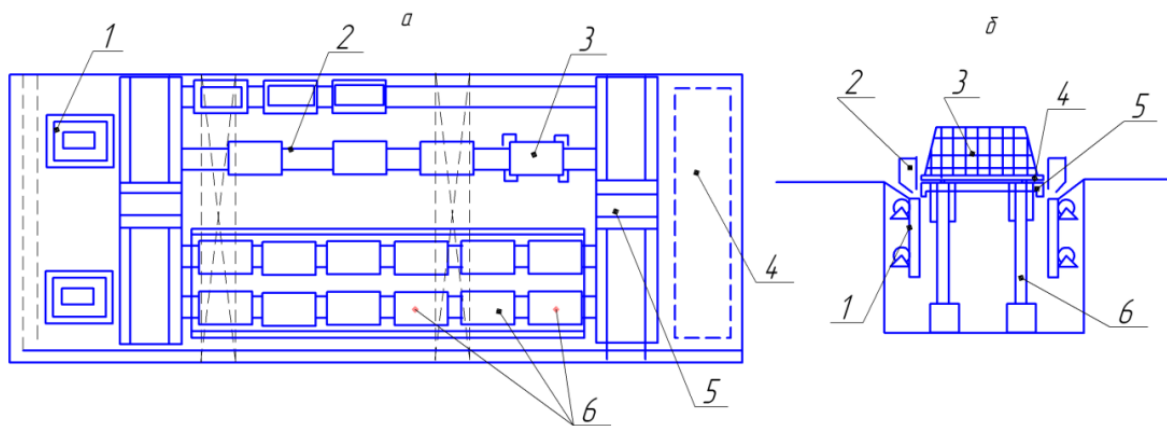
б – пост формования с установкой ТАГ-4: 1 – наружные щиты с навесными вибраторами; 2 – тележка с сердечником; 3 – рельсовый путь; 4 – гидросистема наружных щитов.

Рисунок 7 – Схема производства на Минском заводе объёмных элементов

Бетонную смесь с подвижностью 18–20 см укладывают в кассетную установку и уплотняют навесными вибраторами, расположенных на наружных щитах. После завершения формования на блок для тепловой обработки устанавливают термоизоляционный щит и включают теплоэлектронагреватели, размещенные внутри сердечника. Тепловая обработка осуществляется до набора распалубочной прочности в течение 4–6 часов на посту формования, после тепловой обработки открывают наружные щиты, и блок на сердечнике передают на пост дозревания. После дозревания блок на сердечнике перемещают на пост распалубки, с поста распалубки готовый блок отправляют на комплектацию и отделку, а сердечник чистят, смазывают, армируют и вновь подают на пост формования.

Метод формования объёмных элементов типа «колпак» с подвижным сердечником применялся на заводах ОБД в Новолукомле и Вологде. Технологиче-

ская линия завода (рисунок 8, а) оснащена стационарными формовочными постами с установками ФК-5 [53]. Сердечник на транспортной вагонетке после чистки, смазки и армирования подается передаточной тележкой на один из формовочных постов в соответствии с типоразмером и фиксируется на подъемной платформе установки ФК-5 (рисунок 8, б).



а – план линии: 1 – формовочная установка ФК-5; 2 – конвейер подготовки форм; 3 – пост распалубки; 4 – сборка пространственных арматурных каркасов; 5 – передаточная тележка; 6 – туннельная камера;

б – формовочная установка ФК-5: 1 – наружные щиты; 2 – вибробункера; 3 – сердечник; 4 – тележка; 5 – подвижная платформа; 6 – гидроподъемник.

Рисунок 8 – Схема производства объёмных блоков типа «колпак» на Новолукомльском заводе ОБД

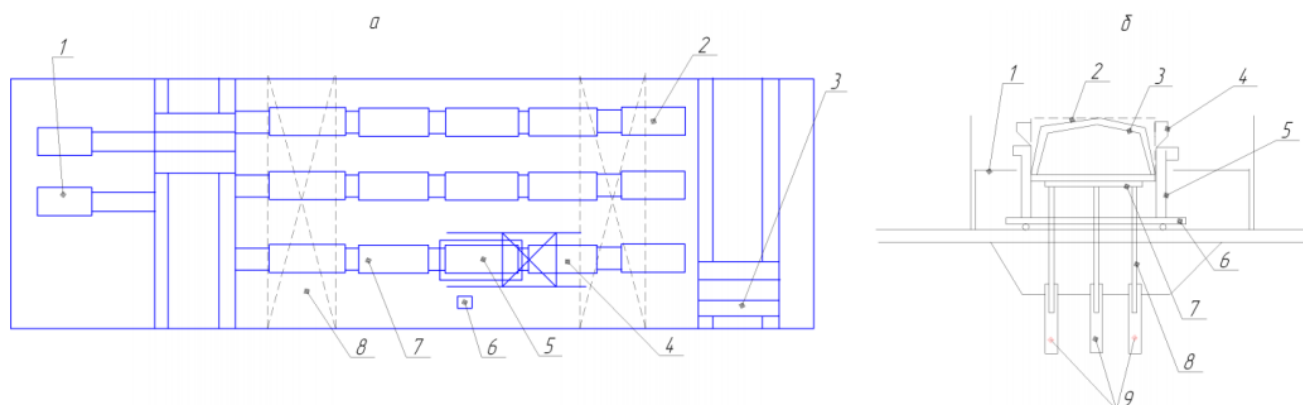
Формовочная установка, помимо платформы с гидросистемой перемещения, состоит из четырех неподвижных жёстко соединённых щитов с навесными вибраторами и расположенными по периметру вибробункерами. До начала формования в бункера подают бадьёй малоподвижную бетонную смесь с ОК = 3–5 см, которая за счёт работы вибраторов разжижается. Укладка и уплотнение бетонной смеси совмещаются с опусканием платформы установки и сердечника, закреплённого на ней.

Параллельно с формованием в сердечник подают пар, что позволяет прогреть сердечник до температуры 50–60 °С уже к концу формования, т.е. через 15–20 мин. Первая стадия тепловой обработки продолжается 3,0–3,5 часа на формовочном посту, затем подвижная платформа поднимается вверх, выдвигая сердеч-

ник с изделием из формовочной установки. Через передаточную тележку транспортная вагонетка подаёт объемный блок в туннельную камеру – на вторую стадию тепловлажностной обработки.

Из-за больших теплопотерь и низкой эффективности тепловой обработки в туннельных камерах вторая стадия превышает 8 часов. Из туннельной камеры изделия через передаточную тележку подаются на конвейер подготовки, на первом посту которого производят распалубку объемного элемента, а далее производят чистку, смазку и армирование сердечников [53].

Основные недостатки данной технологии связаны с низкой производительностью из-за продолжительного выдерживания изделий на посту формования и с возможностью производства блоков всего двух типоразмеров. Но данные недостатки были устранены на технологической линии производства объемных блоков типа «колпак» на Вологодском заводе ОБД (рисунок 9, а).



а – план линии: 1 – пост выпрессовки сердечника; 2 – конвейер ТВО;  
3 – передаточная тележка; 4 – пост формования потолочной плиты; 5 – формовочный пост стен блока; 6 – пуль гидроподъёмника; 7 – конвейер подготовки форм;  
8 – кран;

б – разрез поста формования с установкой УФБЦ-1: 1 – площадка обслуживания; 2 – арматурный каркас; 3 – сердечник; 4 – формующий бункер; 5 – наружные щиты; 6 – тележка; 7 – подвижная платформа; 8 – направляющие; 9 – гидроподъёмник

Рисунок 9 – Схема производства объемных блоков типа «колпак» на Вологодском заводе ОБД

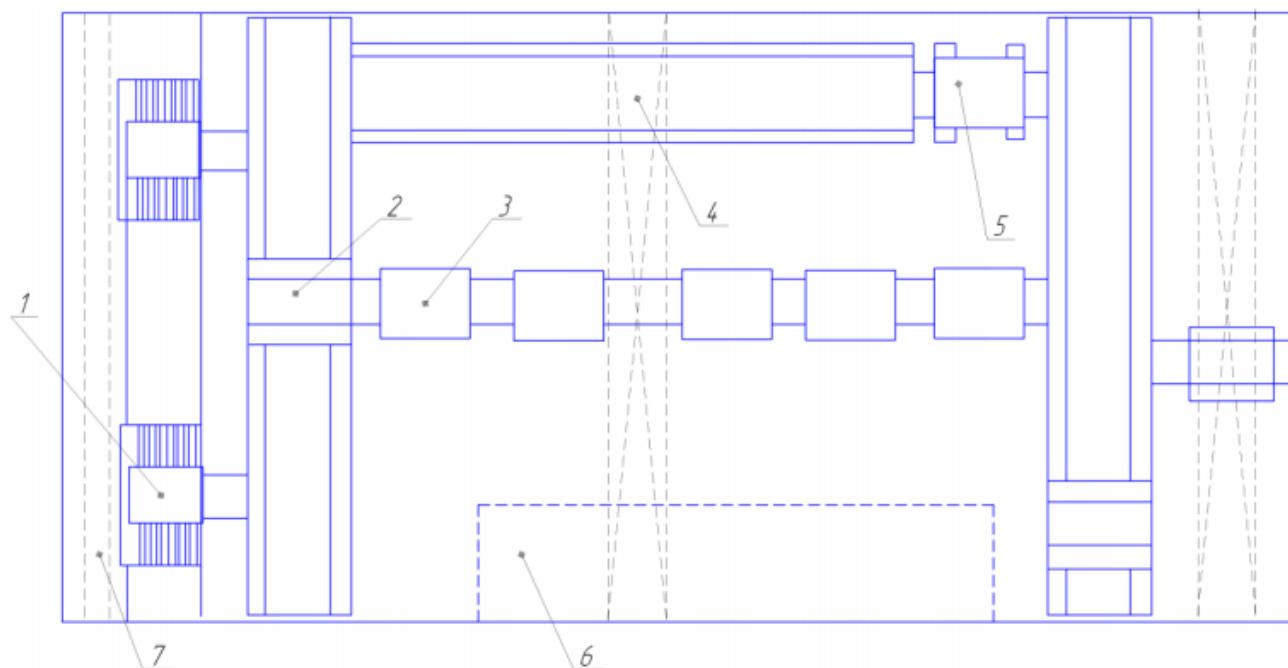
В технологическом пролёте размещены три транспортных линии, соединяемые в единое кольцо передаточными тележками. Две линии предназначены для тепловой обработки изделий, а на третьей готовят формы и формуют блоки.

Формовочный пост оснащен установкой УФБЦ-1 (рисунок 9, б), которая не имеет элементов опалубки, что позволяет формовать объёмные блоки разных типоразмеров. После размещения вагонетки на посту формирования гидросистема формовочной установки через решетчатое днище вагонетки поднимает сердечник в крайнее верхнее положение. Дальнейшее формирование блока аналогично как на Новолукомльском заводе.

После формирования боковых поверхностей блока, что занимает около 40 мин, вагонетка передвигается на следующий пост, где на потолочную плиту укладывают жёсткую бетонную смесь ( $J_1 = 5-10$  с) и уплотняют с помощью вибропригруза. Далее через передаточную тележку вагонетку с отформованным изделием подают на одну из линий тепловой обработки. На вагонетку устанавливают теплоизолирующий щит, а внутрь сердечника подают пар, что обеспечивает за 7–8 ч набор бетоном требуемой прочности. По завершении тепловой обработки вагонетку вновь переставляют на линию подготовки и формирования.

Таким образом, несмотря на высокую металлоёмкость, рассмотренная технологическая линия характеризуется максимальной производительностью и минимальным расходом цемента.

На Кременчугском и Хабаровском заводах ОБД реализована технология изготовления объёмных элементов методом вибровакуумирования (рисунок 10). Этот метод позволяет использовать на стадии укладки и распределения высокоподвижные бетонные смеси, водосодержание которых снижается в процессе вибровакуумирования, обеспечивая получение требуемой распалубочной прочности бетона в короткие сроки при умеренных расходах цемента [53].



1 – формовочная машина МОБ-УВ-1; 2 – передаточная тележка; 3 – конвейер подготовки сердечников; 4 – камера ТВО; 5 – выпрессовка сердечника; 6 – участок для складирования арматурных каркасов; 7 – тракт подачи бетонной смеси.

Рисунок 10 – Схема производства объёмных элементов типа «колпак» на заводах в городах Кременчуг и Хабаровск

Изготовление объёмных элементов организовано по конвейерной схеме с перемещением форм-вагонеток по технологическим постам. На линии подготовки форму с сердечником чистят, смазывают и армируют пространственным каркасом. На Кременчугском заводе заранее изготовленную наружную стеновую панель закрепляют на форме на линии подготовки. Затем собранную форму с помощью передаточной тележки помещают в одну из формовочных установок.

Каждая установка оснащена наружными подвижными щитами с гидросистемой перемещения и навесными вибраторами. С внутренней стороны к наружным щитам прикручены болтами съёмные вакуум-щиты, которые через систему трубопроводов соединяются с вакуумнасосом. После установки вагонетки на формовочный пост наружные щиты перемещают и фиксируют в рабочем положении и начинают бетонирование объёмного блока.

Использование высокоподвижных и литых бетонных смесей позволяет быстро распределять большой объём бетона, однако при этом остаётся нерешён-

ной проблема расслоения смеси. Вакуумирование бетонной смеси начинается после формирования боковых граней блока и сопровождается периодическим вибрированием для уплотнения бетонной смеси и устранения образовавшейся при отсосе воды направленной пористости. При формировании потолочной плиты кроме виброрейки используют переставной вакуум-щит.

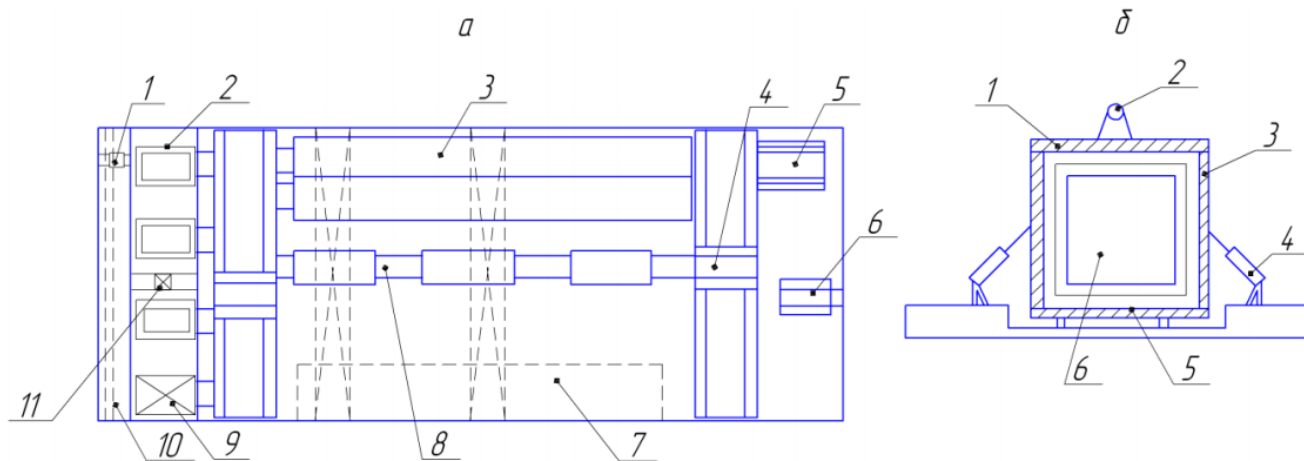
Суммарное водопонижение при вакуумировании составляет 80–100 л/м<sup>3</sup>, но даже одновременно прогревая и формуя изделия, не удаётся получить распалубочную прочность бетона быстрее, чем через 2,0–2,5 ч.

С формовочного поста вагонетка с изделием подаётся в туннельную камеру на вторую стадию тепловой обработки. Затем производят выпрессовку изделия с передачей на посты комплектации и отделки, а вагонетку с сердечником через передаточную тележку устанавливают на конвейер подготовки [53].

Кроме уже отмеченных недостатков, на линиях этого типа сохраняются проблемы с утилизацией воды из вакуум-системы и подготовкой вакуум-щитов к следующему формовочному циклу.

Завод, который освоил производство объемных элементов типа «лежащий стакан», – Краснодарский завод ОБД. Производство организовано по кассетно-конвейерной схеме с формированием в стационарных кассетных установках ФМ-5 (рисунок 11, а). Отличительной особенностью блоков подобного типа является максимальная бетоноёмкость и необходимость комплектации только наружной стеновой панелью.

На конвейере подготовки поддоны-вагонетки чистят, смазывают, оснащают сердечником с арматурным каркасом и передаточной тележкой подают в одну из формовочных установок (рисунок 11, б). После фиксации формы наружные щиты установки переводят в рабочее положение и начинают бетонирование.



а – план линии: 1 – бетонораздатчик; 2 – формовочная установка ФМ-5; 3 – туннельные камеры; 4 – передаточные тележки; 5 – выпрессовочная машина; 6 – тележка для вывоза готовой продукции; 7 – пост складирования комплектующих деталей; 8 – конвейер подготовки форм; 9 – щит вибропригруза; 10 – линия подачи бетонной смеси; 11 – самоходный бункер;

б – пост формования с установкой ФМ-5: 1 – термошит потолка; 2 – вибраторы; 3 – продольный щит; 4 – гидроцилиндры продольных щитов; 5 – вагонетка с сердечником; 6 – сердечник

Рисунок 11 – Схема производства объёмных блоков типа «лежащий стакан» на Краснодарском заводе

Уплотнение бетонной смеси осуществляют с помощью навесных вибраторов, закреплённых на наружных щитах формовочной установки, и виброшита, помещаемого на отформованную потолочную плиту. Параллельно с формованием начинается первая стадия тепловой обработки за счёт вмонтированных в сердечник теплоэлектронагревателей. Бетонирование блока занимает менее часа, первая стадия тепловой обработки – до набора распалубочной прочности занимает 4–5 часов.

После завершения первой стадии тепловой обработки щиты формовочной установки раскрывают и форму с изделием подают в туннельную камеру, где она находится ещё 8–10 часов. Из камеры через передаточную тележку она поступает на пост выпрессовки сердечника, который оснащён гидроцилиндрами с телескопическими тягами. Снижению трудоемкости этой операции способствуют технологические уклоны сердечника около – 20 мм на длину блока.

После выпрессовки объёмный блок отправляют на комплектацию и отделку, а поддон-вагонетку и сердечник передают на конвейер подготовки [53].

Основной недостаток рассмотренной технологической линии связан с высокой себестоимостью продукции из-за повышенного расхода цемента, поэтому внедрение технологических приёмов по снижению его расхода позволит повысить эффективность производства.

Основные параметры технологических линий по изготовлению объёмных элементов приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические параметры линий по изготовлению объёмных шахт лифтов

Технические параметры	Заводы объёмно-блочного домостроения или домостроительные комбинаты							
	Киевский ДСК	Проект ЦНИИ ЭП жилища	Минский ОБД	Ново-лукомльский ОБД	Вологодский ОБД	Кременчугский ОБД	Хабаровский ОБД	Краснодарский ОБД
Способ формования	Подъемная вибоплощадка	Виродударная площадка	Кассетный	Подвижный сердечник	Подвижный сердечник	Кассетный с вакуумированием	Кассетный с вакуумированием	Кассетный
Подвижность бетонной смеси, см	6-8	2-4	18-20	3-5	2-4	18-20	14-16	20-22
Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	380	350	460	375	30	385	480	550
Длительность формования, мин	20	60	60	20	40	60	90	60



Окончание таблицы 11

Технические параметры	Заводы объемно-блочного домостроения или домостроительные комбинаты							
	Киевский ДСК	Проект ЦНИИ ЭПжилиц	Минский ОБД	Ново-лукомльский ОБД	Вологодский ОБД	Кременчугский ОБД	Хабаровский ОБД	Краснодарский ОБД
Продолжительность тепловой обработки, ч	9	3+8	6	3,5+8	8	2,5+8	4+8	5+10
Количество формовочных установок в технологическом пролете	2	6	3	2	1	1	2	4
Производительность формовочной установки, штук в смену	6	2,5	1	2	7	3	2,8	1
Масса технологического оборудования, т	420	400	875	398	575	548	446	765

4.2 Применяемая технология производства шахт лифтов на предприятии ООО «Бетотек»

Производство стеновых панелей для шахт лифтов осуществляется в ФЦ№1 на роликовой полуконвейерной линии с 16 постами и 30 паллетами, каждая из которых имеет размер 3,5 на 10 метров, представленной на рисунке 12.

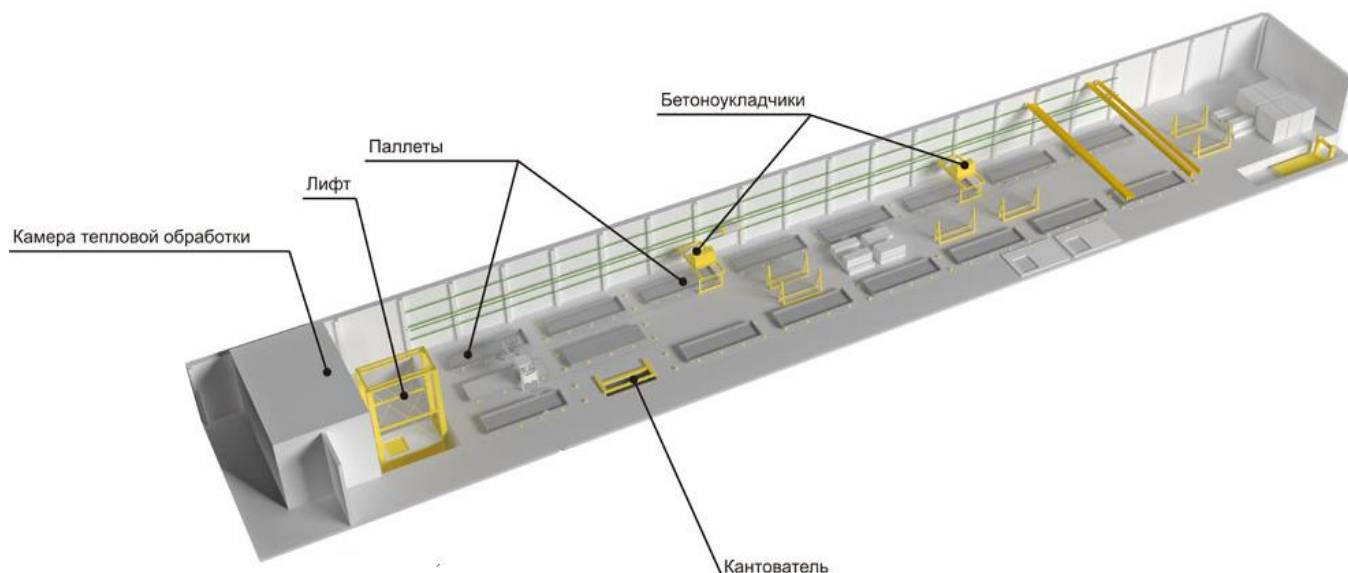


Рисунок 12 – Формовочная линия 1-го цеха

Технологическая линия включает в себя: автоматическую линию подачи бетонной смеси, два бетоноукладчика, гидравлическую виброплощадку, порталную установку для затирки поверхности бетона, камеру тепловой обработки, кантователь, самоходную тележку для вывоза готовой продукции, порталную установку для загрузки и выгрузки поддонов, пост мойки оборудования, узел управления тепловой обработкой, посты подключения оборудования к электроэнергии, устройство поперечной передачи поддонов, бункер отходов, стеллаж складирования арматуры, два мостовых крана грузоподъемностью 10 т, пост чистки и смазки поддонов, стеллаж складирования панелей [60].

Поддон последовательно проходит пост чистки смазки, установки опалубки. Затем происходит установка нижнего армирования и укладка бетонной смеси. Отформованные изделия на поддоне загружаются в камеру тепловой обработки. Тепловая обработка осуществляется в трехсекционной 10-ти этажной камере при постоянной температуре  $t=50^{\circ}\text{C}$  и влажности 80%. После обработки поддон с изделием вынимается и устанавливается на пост распалубки. Поворачиваясь на кантователе, изделие извлекается из формы и отправляется на пост доводки. Принятые отделом технического контроля изделия маркируются и самоходной тележкой транспортируются на склад готовой продукции.

Готовые стеновые панели монтируются в шахту лифта на строительной площадке.

#### 4.3 Предлагаемая технология производства объемных шахт лифтов

Оптимальным решением для совершенствования технологии изготовления объемных шахт лифтов будет стендовый способ производства в формах с обогреваемой опалубкой и сердечником, которые будут находиться во втором формовочном цехе ООО «Бетотек».

Наружная опалубка состоит из четырех отдельных стальных щитов, имеющих возможность раздвигаться для изменения геометрических размеров формируемых изделий, соединяющихся при бетонировании. Каждый из щитов установлен на подвижную каретку, которая обеспечивает обратный ход при распалубке. Внутренняя опалубка состоит из обогреваемого сердечника (рисунок 13).



Рисунок 13 – Щиты наружной опалубки с подвижной кареткой

Перед формованием изделия арматурный каркас полностью должен быть подготовлен заранее и установлен в форму краном. После монтажа арматурного каркаса закрываются наружные борта, проверяется геометрия изделия и герметичность стыков, затем происходит бетонирование. Подача бетонной смеси осуществляется с помощью кубеля для адресной подачи, укладка – бетоноукладчиком,двигающемся по самоходному порталу. Для производства объемных шахт лифтов применяют подвижные бетонные смеси с осадкой конуса 14-16 см.

Каждая наружная опалубка формы оборудована наружными высокочастотными вибраторами обеспечивающими уплотнения бетонной смеси (рисунок 14). При тепловой обработке железобетонных изделий в термоформах прогрев бетона осуществляется контактно-кондуктивным способом путем подачи теплоносителя в тепловые отсеки. Во время созревания бетона происходит обогрев стенок будущей лифтовой шахты как снаружи так и изнутри. В наружных бортах формы и во внутреннем сердечнике проложен герметичный тепловой контур для равномерного обогрева всей конструкции. Теплоносителем могут служить: пар, вода, масло.

Конструктивное исполнение тепловых отсеков должно обеспечивать однородность температурного поля на поверхности теплового отсека, непосредственно контактирующего с бетоном изделий, в процессе всей тепловой обработки. Допустимый перепад температур не должен превышать 10 °С, для этого рекомендуется применять эжекторную систему пароснабжения с давлением пара 0,3 - 0,4 МПа. При тепловой обработке изделий в термоформах с использованием в качестве теплоносителя пара необходимо периодически удалять из тепловых отсеков конденсат, накопление которого приводит к нарушению заданного режима тепловой обработки.

Для класса бетона В15 при толщине бетона в изделии до 160 мм режим тепловой обработки – 12 часов [39]. Режимы тепловой обработки включают время предварительного выдерживания, подъема температуры среды в тепловом агрегате, изотермического выдерживания при 80 °С и остывания без подачи пара.



Рисунок 14 – Наружная опалубка с наружными вибраторами

После набора изделием распалубочной прочности происходит распалубка. Сначала наружные щиты опалубки, установленные на подвижной каретке, отодвигаются с помощью обратного хода подвижной каретки. Чтобы избежать динамической нагрузки при съеме готовой шахты с сердечника применяется гидравлическая система расположенная в основании формы. Данная система плавно приподнимает на 30 мм изделие, тем самым высвобождая его из сердечника. Затем изделие полностью извлекается из формы с помощью крана.

Расположенные по периметру формы подмости позволяют обеспечить нахождение бетонщиков в момент укладки и уплотнения смеси (рисунок 15). Все проёмообразователи закреплены на магнитных боксах, что позволяет обеспечить их универсальность (рисунок 16).



Рисунок 15 – Подмости для бетонщиков



Рисунок 16 – Проёмообразователи

## 5 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В формовочном цехе №2 для производства объемных шахт лифтов необходимо технологическое оборудование, указанное в таблице 9. Часть оборудования уже имеется в формовочном цехе и арматурном цехе, где происходит сборка арматурных каркасов, которые с помощью самоходной тележки передаются в формовочный цех №2. Для вывоза изделий на склад готовой продукции, который обслуживает мостовой кран грузоподъемностью 10 тонн, используется самоходная тележка.

Таблица 12 – Ведомость технологического оборудования

Наименование	Тип, марка	Характеристика	Количество	Масса ед, кг	Мощность, кВт	
					Ед.	Общ.
Кран-балка электрическая подвесная	КМПэ 10т	Грузоподъемность 10т, пролет 18м, Режим работы -3К по ГОСТ 34017 [40]	1	5800	30	30
Мостовой кран	УРАЛ-КРАН	Грузоподъемность 10т, пролет 18м	1	7000	20	20
Траверса Н-образная с переставными обоймами разборная	пространственная	Грузоподъемность до 32т	2	640	-	-
Таль электрическая	2ТЭ-10000-12	Грузоподъемность 10т, высота подъема 12м	1	980	10	10
Канатная тяга тележек для вывоза самоходной тележки	EN 879	Тяговое усилие 13кН, максимальная передаваемая нагрузка 120т	2	-	5,5	11
Металлическая форма с обогреваемой опалубкой и сердечником	-	Возможность изменения геометрических размеров изделия, обратный ход каретки наружных щитов	1	20000	30	30
Кюбель для бетонной смеси	-	Полезный объем 5 м <sup>3</sup>	1	-	-	-
Бетоноукладчик	Комкастер Е9-		1		16	16
Тележка самоходная	EN 879	Грузоподъемность 60т	2	2670	-	-

## Окончание таблицы 12

Наименование	Тип, марка	Характеристика	Количество	Масса ед, кг	Мощность, кВт	
					Ед.	Общ.
Установка двухсторонняя вертикальная для сварки сеток	СМЖ-286Б	Арматурные сетки размером до 7,2х3,6х0,3м	1	-	-	-
Машина сварочная подвесная, с клещами и кабелем	МТП-1410	Тип КТГ 12-3-1, номинальный сварочный ток 12,5кА	2	445	-	-
Пистолет для вязки арматуры	DZКС-04-А01	Диаметр арматуры 8-12	2	3,8	-	-
Навесной вибратор	пневматический	Частота колебаний на холостом ходу 100 Гц, статический момент 0,2 кг*см	8	14,3	5,5	44
Пневматический скребок	КРТ-J15	Потребление воздуха 0,25 м <sup>3</sup> /мин	1	5,2	-	-
Распылитель смазки	Gloria	Объем 5л	1	4,35	-	-
Всего:						161

### 5.1 Характеристика основного механического оборудования

1. Кран мостовой электрический однобалочный подвесной грузоподъемностью 10т.

Кран-балка электрическая подвесная (рисунок 17) является разновидностью мостового крана, она отличается сравнительно небольшим собственным весом и простотой в управлении и техническом обслуживании.

Конструкция подвесной кран-балки состоит из следующих компонентов:

- концевой тележки жестко связанной с пролетной балкой;
- пролетной балки (моста), имеющей вид двутавра;
- ходовых кареток, перемещающихся в соответствии с подкрановыми двутавровыми направляющими, к которым подвешиваются балки;
- концевой тележки с плавающим модулем, перемещающейся в соответствии с несущей балкой для компенсации кривизны крановых путей;

- кнопочного пульта, с помощью которого управляют электрическим краном-балкой;
- подъемного механизма, в качестве которого выступает электрический тельфер.

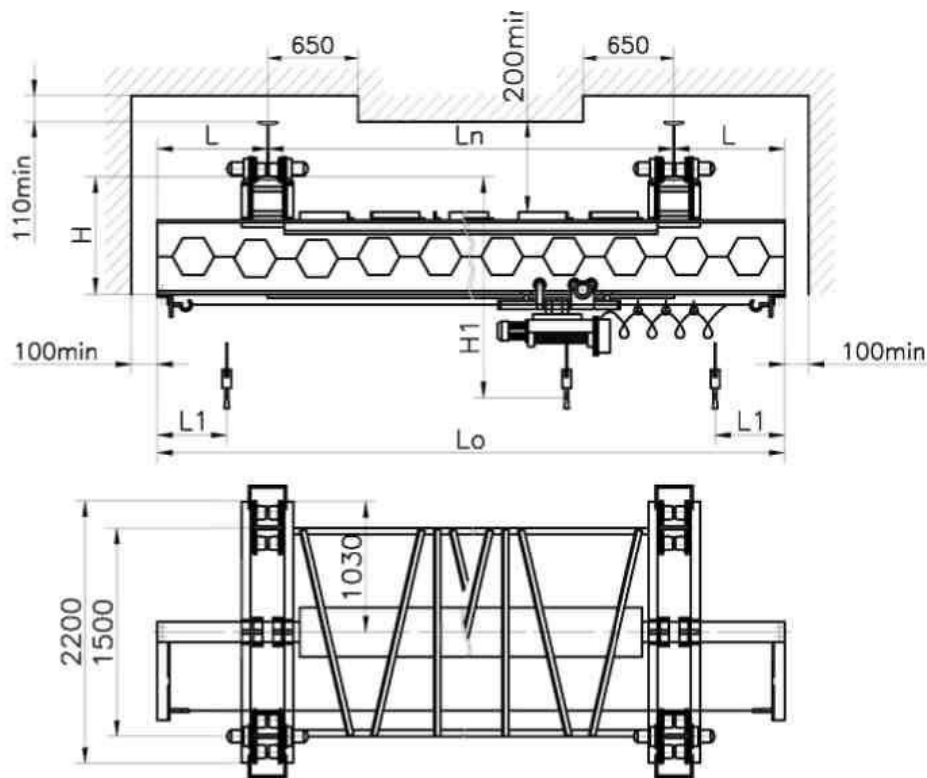


Рисунок 17 – КМПЭ 10т

Технические характеристики [64]:

- грузоподъемность 10 т;
- полная длина  $L_0$  18 м;
- пролет  $L_n$  16м;
- длина консолей  $L$  1,0м;
- высота подъема 12м;
- скорость передвижения крана 0,5м/с;
- мощность передвижения крана – 4х0,55кВт;
- номер профиля двутавровой балки для кранового пути – 45М, по ГОСТ 19425 [41];
- группа режима работы крана по ГОСТ 34017 [40] – 3К(А3);
- управление краном с пола;
- род тока и напряжение – переменный - 380 В; 50 Гц;



- нагрузка на подкрановый путь 20500Н;
- температура окружающей среды -40...+40°С;
- масса 5800кг.

## 2. Таль электрическая 2ТЭ-10000-12

Таль электрическая канатная (рисунок 18) предназначена для подъема, опускания и горизонтального перемещение груза вдоль подвешного монорельсового пути в помещениях, управление осуществляется кнопочным пультом с пола. Таль оборудована электродвигателями со встроенными тормозами на механизмах подъема.



Рисунок 18 – 2ТЭ-10000-12

Технические характеристики [65]:

- грузоподъемность 10т;
- размеры тали: полная длина 1276 м, высота 1635 м;
- высота подъема 12м;
- скорость подъема 6,0м/мин;
- скорость передвижения 20м/мин;
- профиль подвешного пути – 45М, по ГОСТ 19425[41];
- режим работы – 3М, по ГОСТ 34017 [40];
- масса 980кг.

## 3. Пространственная траверса

Траверса (рисунок 19) предназначена для подъема и транспортирования груза весом до 32 т грузоподъемным механизмом.

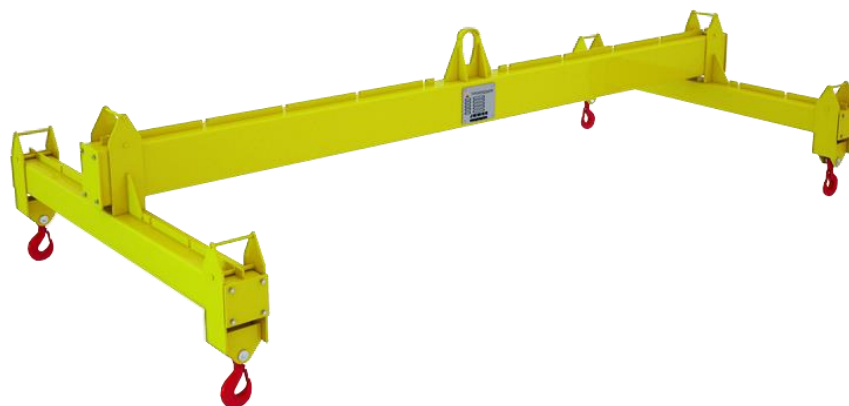


Рисунок 19 – Траверса Н-образная с переставными обоями разборная  
Технические характеристики [66]:

- грузоподъемность до 32т;
- длина груза до 10 м;
- ширина груза до 5 м;
- масса 640 кг.

#### 4. Мостовой кран

Для обслуживания склада готовой продукции ФЦ-2 используется мостовой кран УРАЛКРАН грузоподъемностью 10 тонн (рисунок 20).

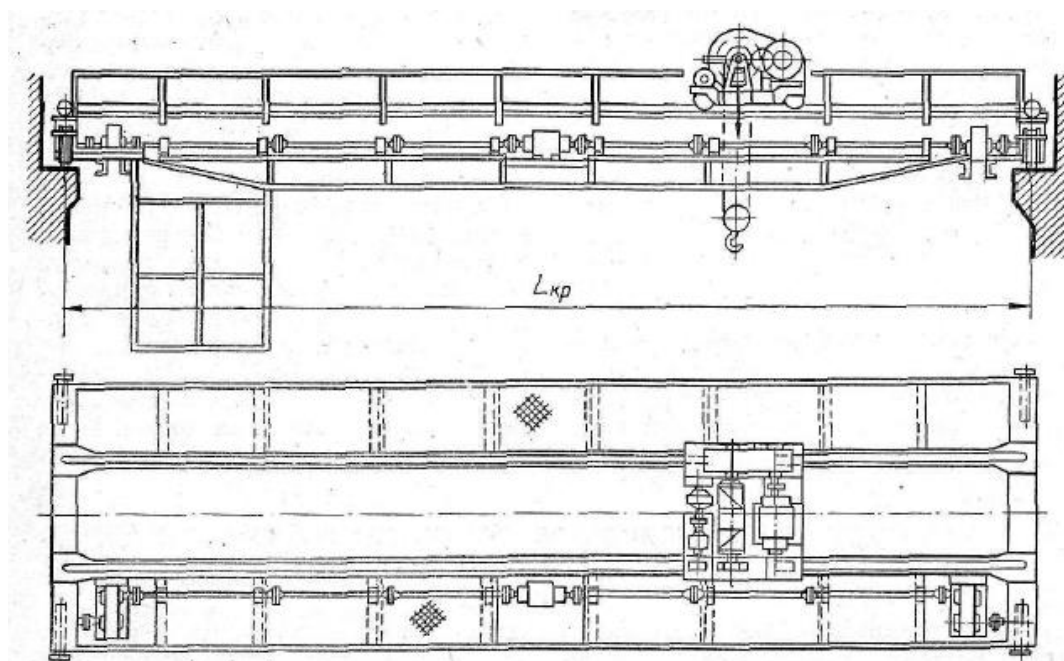


Рисунок 20 – Общий вид электрического мостового крана грузоподъемностью 10 тонн

Технические характеристики крана [67]:

- грузоподъемность 10 тонн;

- длина пролета до 28 метров;
- высота подъема до 36 метров;
- тип привода – электрический, напряжение 380В;
- тип сечения балки – двутавровое;
- тип управления краном – радиоуправление, кнопочный пульт;
- скорость перемещения крана до 80 м/мин.

## 5. Кюбель

Для адресной подачи бетонной смеси с бетонорастворного узла используется кюбель (рисунок 21).



Рисунок 21 – Кюбель адресной подачи бетонной смеси

Технические характеристики [68]:

- полезный объем 5 м<sup>3</sup>;
- колея 1 м;
- радиус поворота по осевой линии не менее 3 м;
- угол подъема не более 5°;
- скорость до 4,5 м/с.

## 6. Тележка самоходная EN 879

Самоходная тележка (рисунок 22) предназначена для вывоза готовых арматурных каркасов из арматурного цеха и готовых изделий из формовочного цеха на склад готовой продукции. Тележки перемещаются канатным тяговым устройством с помощью тягового крюка и канатных замков. Тележка полностью механизирована.

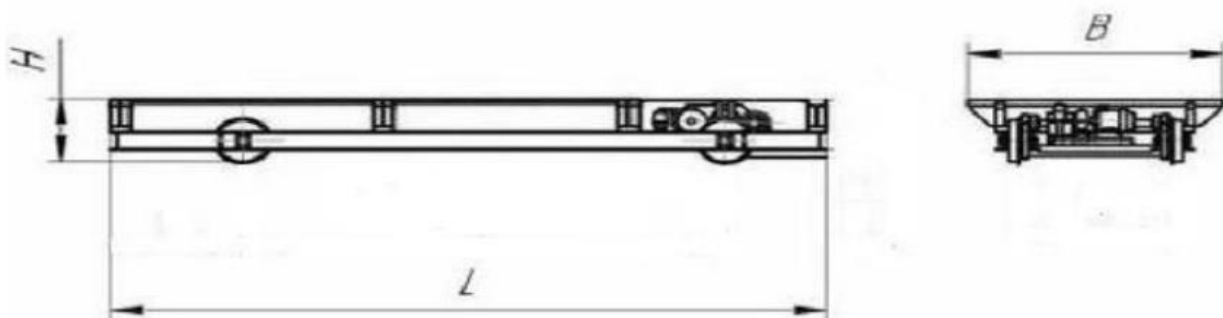


Рисунок 22 – Самоходная тележка

Технические характеристики:

- грузоподъемность 60 т;
- платформа 7000х3000 мм;
- габаритные размеры: длина 7900х3240 мм; ширина колеи 2790 мм; расстояние между осями 5350 мм.
- масса 2670 кг.

#### 7. Машина подвесная для точечной контактной сварки МТП-1410

Машина предназначена для сварки в поточных линиях переменным током деталей из низкоуглеродистых и коррозионностойких сталей и крестообразных соединений стержней арматуры (рисунок 23).

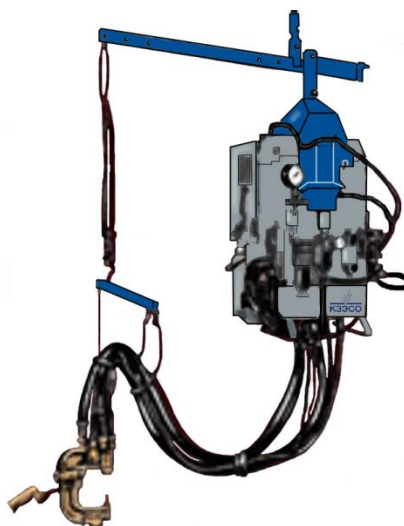


Рисунок 23 – МТП-1410

Техническая характеристика [54]:

- габариты – 1420х860х4010мм;
- наибольшая мощность – 200 кВА;
- привод усилия сжатия клещей пневмогидравлический;

- номинальное напряжение питающей сети, частотой 50Гц – 380В;
- номинальный сварочный ток 12,5 кА;
- масса 445кг.

Для одной вертикальной установок СМЖ-286Б примем две подвесные машины для точечной сварки. В комплекте поставляются сварочные клещи типа КТГ-15-4 (2 шт).

Техническая характеристика сварочных клещей:

- допустимый длительный ток 5,6кА;
- максимальное усилие сжатия 625 даН;
- масса 13кг.

#### 8. Бетоноукладчик Комкастер Е9-2500

Для укладки бетонной смеси в формы используется бетоноукладчик (рисунок 24).



Рисунок 24 – Бетоноукладчик Комкастер Е9-2500

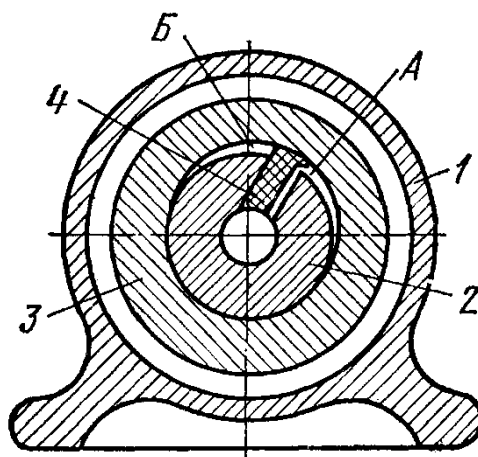
Технические характеристики бетоноукладчика [69]:

- способ перемещения на самоходном портале, поперечное на каретке и вертикальное относительно каретки на гидроприводе;
- диаметр питателя 400 мм;
- объем бункера с питателем 2,5 м<sup>3</sup>;

- скорость формования для влажного бетона до 1000 л/мин;
- скорость перемещения каретки 10-20 м/мин;
- скорость транспортного перемещения  $25 \pm 0,5$  м/мин;
- скорость рабочего перемещения 0,3-1,5 м/мин;
- мощность привода перемещения 2,2 кВт;
- подаваемая мощность 16 кВт.

#### 9. Навесной пневматический вибратор

Для уплотнения бетонной смеси используются навесные пневматические вибраторы (рисунок 25), которые крепятся на наружные щиты опалубки формы.



1 – корпус; 2 – неподвижная ось; 3 – полый ротор; 4 – текстолитовая лопатка; Б – выхлопная полость; А – рабочая полость

Рисунок 25 – Схема навесного пневматического вибратора

Технические характеристики вибратора [70]:

- частота колебаний на холостом ходу – 100 Гц;
- статический момент – 0,2 кг\*см;
- рабочее давление – 0,5 МПа;
- расход воздуха – 1,2 м<sup>3</sup>/ч;
- габаритные размеры – 190 мм х 174 мм х 170 мм;
- масса – 14,3 кг.

#### 10. Пневматический скребок

Для чистки форм помимо обычных скребков используется пневматический скребок КРТ-115 (рисунок 26).



Рисунок 26 – Пневматический скребок

Техническая характеристика скребка [71]:

- габаритные размеры: длина 750 мм, ширина 45мм;
- диаметр поршня 25 мм;
- частота ударов при рабочем давлении 40 Гц;
- потребление воздуха 0,25 м<sup>3</sup>/мин;
- масса 5,2 кг.

#### 11. Распылитель смазки

Для равномерного и экономичного нанесения смазки на опалубку используется распылитель GLORIA (рисунок 27).



Рисунок 27 – Распылитель смазки

Технические характеристики распылителя [72]:

- объем 5 л;
- максимальная производительность 2,33 л/мин;



- максимальное рабочее давление 6 бар;
- конус распыления 55°;
- рабочий температурный диапазон 0...+50 °С.

## 12. Металлическая форма

Для изготовления объемных шахт лифтов предлагается применение форм с обогреваемой опалубкой и сердечником (рисунок 28). Наружная опалубка состоит из четырех отдельных стальных щитов, имеющих возможность раздвигаться для изменения геометрических размеров формуемых изделий, соединяющихся при бетонировании. Каждый из щитов установлен на подвижную каретку, которая обеспечивает обратный ход при распалубке.



Рисунок 28 – Щиты наружной опалубки с подвижной кареткой

Технические характеристики [73]:

- каретка для обратного хода щитов;
- тепловой контур для обогрева наружных щитов;
- гидравлическая система для поднятия готового изделия на 30 мм.



## 5.2 Расчет бетоноукладчика

Вибробетоноукладчик представляет собой самоходную универсальную машину, применяющуюся для дозирования, укладки и разравнивания (подачи и распределения) бетонной смеси при изготовлении железобетонных изделий (рисунок 29). Вибробетоноукладчик состоит из бункера, на котором укреплен вибратор, подвешенного на пружинах лотка с электромагнитным вибратором направленного действия и вертикального насадка. Насадка имеет механизм подъема, регулирующий зазор между формой и нижним срезом самого насадка. Электромагнитный вибратор направленного действия позволяет путем изменения силы тока, поступающего в обмотки вибратора, регулировать количество бетонной смеси, выдаваемой насадкой.



Рисунок 29 – Вибробетоноукладчик

Определение производительности бетоноукладчика при заполнении формы смесью:

$$P_V = \frac{60 \cdot V_{\text{изд}} \cdot Z_{\text{изд}} \cdot K_p \cdot K_B}{t_{\text{ц}}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{изд}}$  – объем бетона в изделии,  $\text{м}^3$ ;  $Z_{\text{изд}}$  – количество одновременно формируемых изделий, шт.;  $K_p$  – коэффициент разрыхления смеси,  $K_p = 1,12 \dots 1,2$ ;  $K_B$

– коэффициент использования машины по времени,  $k_B = 0,85 \dots 0,95$ ;  $t_{Ц}$  – продолжительности цикла укладки смеси в формы, мин:

$$t_{Ц} = t_H + t_{П} + t_Y + t_B, \text{ мин}, \quad (4)$$

где  $t_H$  – продолжительность наполнения бункера укладчика смесью, мин.;  $t_{П}$  – продолжительность передвижения укладчика со смесью к форме, мин.;  $t_Y$  – продолжительность укладки смеси в форму, мин.;  $t_B$  – продолжительность перемещения укладчика в исходное положение под загрузку, мин.

$$t_H = \frac{V_B \cdot k_Y \cdot k_{П}}{П_{ЛП}}, \text{ мин}, \quad (5)$$

где  $V_B$  – вместимость бункера укладчика,  $m^3$ ;  $k_Y$  – коэффициент уплотнения смеси,  $k_Y = 1,12 \dots 1,2$ ;  $k_{П}$  – коэффициент, учитывающий потери смеси при загрузке в бункер,  $k_{П} = 1,01$ ;  $П_{ЛП}$  – производительность формования,  $m^3/\text{мин}$ .

$$V_B = \frac{V_{\text{изд}}}{0,8}, \text{ м}^3. \quad (6)$$

$$V_B = \frac{1,76}{0,8} = 2,2 \text{ м}^3.$$

$$t_H = \frac{2,2 \cdot 1,12 \cdot 1,01}{1} = 2,49 \text{ мин}.$$

$$t_{П} = \frac{l}{60 \cdot v_{\text{укл}}}, \text{ мин}, \quad (7)$$

где  $l$  – расстояние от загрузочного конвейера до места формования (укладки) смеси, м;  $v_{\text{укл}}$  – скорость передвижения укладчика, м/с.

$$t_{П} = \frac{1}{60 \cdot 0,3} = 0,05 \text{ мин}.$$

$$t_Y = \frac{(l_{\Phi} + l_{\text{укл}}) \cdot n_{\text{пр}}}{60 \cdot v_{\text{укл}}}, \text{ мин}, \quad (8)$$

где  $l_{\Phi}$  – максимальная длина формы, м;  $l_{\text{укл}}$  – база бетоноукладчика, м;  $n_{\text{пр}}$  – количество проходов бетоноукладчика при укладке бетонной смеси;  $v_{\text{укл}}$  – скорость рабочего перемещения, м/с.

$$t_Y = \frac{(1,78 + 5,2) \cdot 2}{60 \cdot 0,02} = 11,6 \text{ мин}.$$

$$t_B = t_{П} = 0,05 \text{ мин}. \quad (9)$$

Тогда продолжительности цикла укладки смеси в формы:

$$t_{Ц} = 2,49 + 0,05 + 11,6 + 0,05 = 14,19 \text{ мин}.$$

Таким образом, производительности бетоноукладчика:

$$P_V = \frac{60 \cdot 1,76 \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 0,85}{14,19} = 7,09 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определение мощности, необходимой для передвижения бетоноукладчика:

$$N_B = \frac{W \cdot v_{\text{укл}}}{1000 \cdot \eta} = \frac{(P_K + P_B) \cdot \beta \cdot v_{\text{укл}} \cdot \left( \frac{2\mu}{D} + \frac{f \cdot d}{D} \right)}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}, \quad (10)$$

где  $W$  – сила сопротивления передвижения бетоноукладчика, Н;  $\eta$  – КПД привода,  $\eta=0,8 \dots 0,9$ ;  $P_K$  – сила давления от массы конструкции бетоноукладчика, Н;  $P_B$  – сила давления от бетонной смеси в бункерах, Н;  $\mu$  – коэффициент качения ходовых колес,  $\mu=0,0008 \dots 0,001$  м;  $f$  – коэффициент трения в цапфах колес,  $f=0,08$ ;  $d$  – диаметр цапф колес, м,  $d=0,06$  м;  $D$  – диаметр колес бетоноукладчика, м;  $D=0,3$  м;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий трение реборд колес о рельсовый путь,  $\beta=2,5 \dots 3$ ;  $v_{\text{укл}}$  – скорость передвижения укладчика, м/с.

$$N_B = \frac{(49900 + 58920) \cdot 2,5 \cdot 0,3 \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,001 + 0,08 \cdot 0,06}{0,3} \right)}{1000 \cdot 0,8} = 2,31 \text{ кВт}.$$

## 6 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

### 6.1 Описание технологического процесса

Для совершенствования технологии изготовления объемных шахт лифтов предложен стендовый способ производства в форме с обогреваемой опалубкой и сердечником, которая будут находиться во втором формовочном цехе ООО «Бетотек». Процесс формования состоит из следующих операций: сборки, очистки и смазки наружных щитов и внутренней опалубке, установки и фиксации арматурного каркаса в форме, укладки, распределения и уплотнения бетонной смеси в форме и извлечения готового изделия из формы после тепловой обработки. Организационно-технологическая схема представлена на рисунке 30.

#### 1. Подготовка формы

Перед формованием 2 бетонщиков очищают форму от оставшегося бетона с помощью пневматических и обычных скребков, далее форму смазывают с помощью распылителя смазки. Перед началом формования бетонщики проверяют соответствие геометрических размеров раздвижных щитов наружной опалубки и устанавливают проемообразователи на магнитные боксы.

#### 2. Подготовка к формованию изделия

В арматурном цехе 2 арматурщиков изготавливают арматурные каркасы, цех находится в рядом стоящем помещении около формовочного цеха. Готовый арматурный каркас закрепляется такелажником, и крановщик с помощью кран-балки устанавливает каркас на самоходную тележку для передачи в формовочный цех. Циклограмма работ на посту армирования представлена на рисунке 31.

В формовочном цехе крановщик перемещает каркас кран-балкой к готовой форме. Установленный и зафиксированный каркас расстроповывается такелажником. После монтажа арматурного каркаса бетонщик закрывает наружные борта, проверяет геометрию изделия и герметичность стыков. Бетонная смесь с бетоно-растворного узла подается к месту формования с помощью кубеля для адресной подачи.

#### 3. Формование изделия

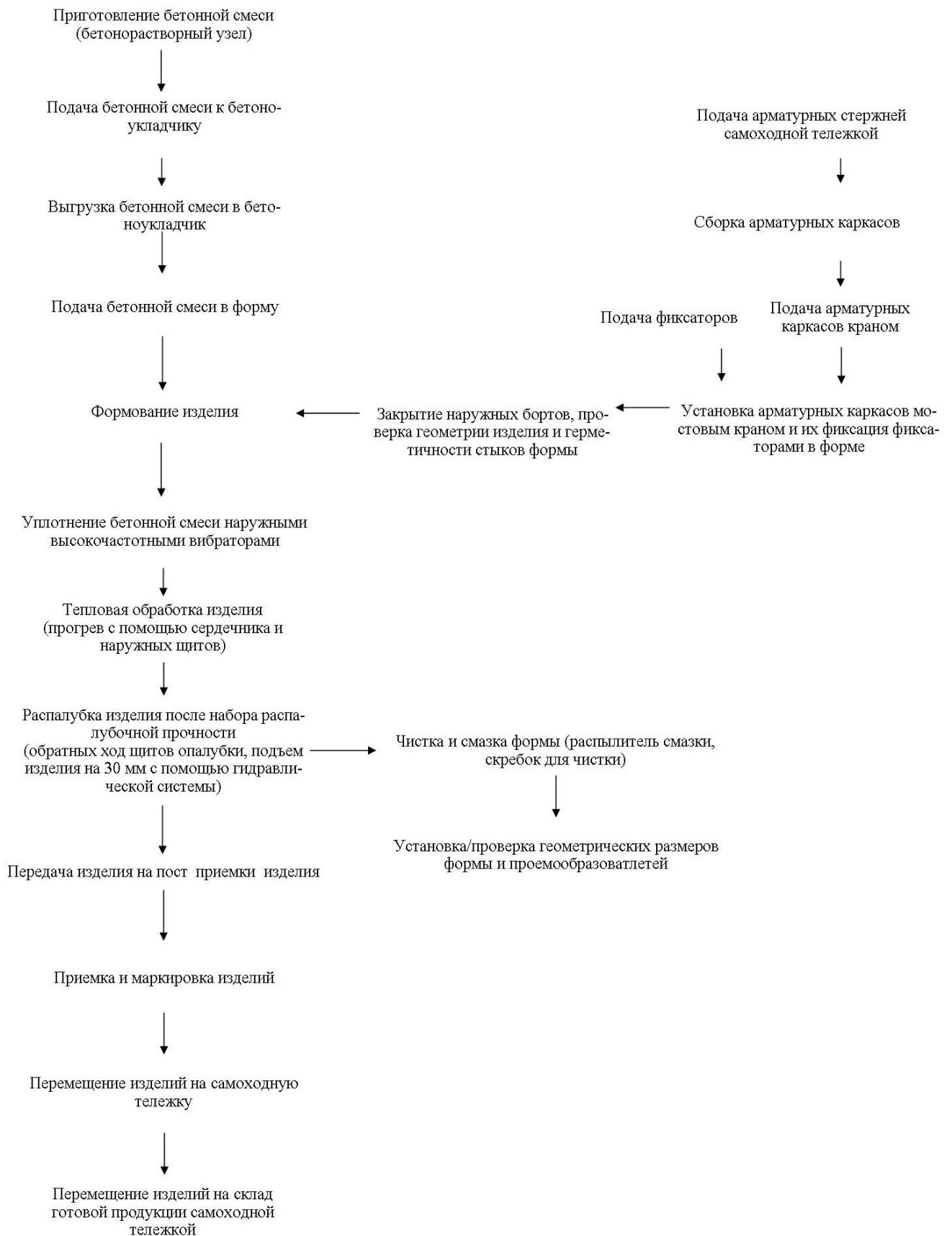
Укладка осуществляется бетоноукладчиком, который движется по самоходному порталу и управляется с пульта управления, оператором бетоноукладчика. Каждая наружная опалубка формы оборудована наружными высокочастотными вибраторами обеспечивающими уплотнения бетонной смеси.

#### 4. Тепловая обработка

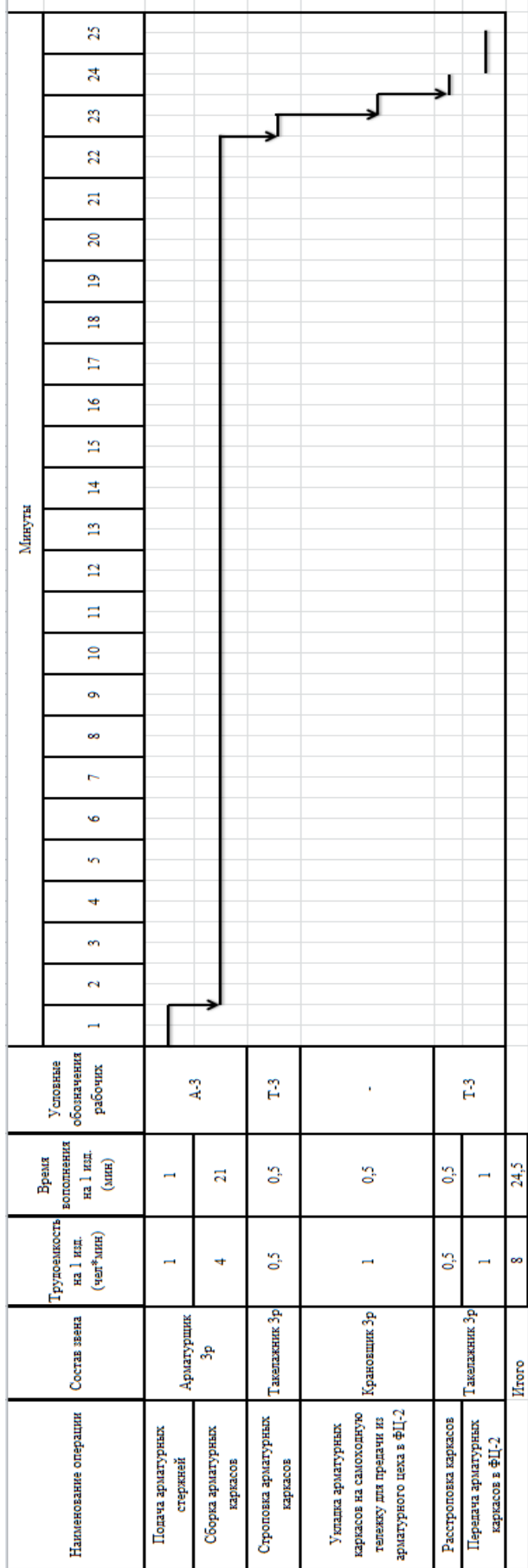
Для тепловой обработки изделия в наружных бортах формы и во внутреннем сердечнике проложен герметичный тепловой контур для равномерного обогрева всей конструкции. Режим тепловой обработки составляет 12 часов (1+3,5 + 5,5 + 2), включает предварительного выдерживания, время подъема температуры среды в тепловом агрегате, изотермического выдерживания при 80 °С и остывания без подачи пара. Процесс тепловой обработки контролируется пропарщиком.

#### 5. Распалубка изделия

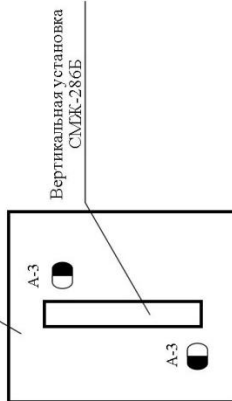
После набора изделием распалубочной прочности такелажник производит распалубку. Сначала наружные щиты опалубки, установленные на подвижной каретке, отодвигаются с помощью обратного хода подвижной каретки. Чтобы избежать динамической нагрузки при съеме готовой шахты с сердечника применяется гидравлическая система расположенная в основании формы. Данная система плавно приподнимает на 30 мм изделие, тем самым высвобождая его из сердечника. Затем крановщик извлекает полностью изделие из формы с помощью крана и передает его на доводку, приемку и маркировку. А бетонщики подготавливают форму к следующему формованию.



**Рисунок 30 – Организационно-технологическая схема производства объемных блоков шах лифтов**



Место сборки арматурных каркасов



Т-3

Тележка для передачи арматурных каркасов в ФЦ-2

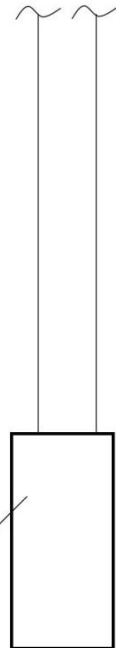


Рисунок 31 – Циклограмма работ на посту армирования

В формовочном цехе №2 работа осуществляется в 3 смены по 8 часов, номинальное количество рабочих суток в году – 365. Для стандовой линии производства объемных блоков шахт лифтов в соответствии с требованиями ОНТП 07-85 [43] принимается, длительность плановых остановок на ремонт – 7 суток.

Фактическое число рабочих суток в году определяется как номинальное количество рабочих суток в году за вычетом длительности плановых остановок на ремонт – 358.

Годовая производительность станда:

$$P = \frac{V_p * h * n * V}{T_{ст}}, \quad (11)$$

где  $V_p$  – число рабочих дней в году;  $h$  – число рабочих часов в сутки, ч;  $n$  – число одновременно формируемых изделий;  $V$  – объем бетона в изделии,  $m^3$ ;  $T_{ст}$  – длительность одного оборота станда.

$$P = \frac{358 * 22 * 1 * 1,76}{13} = 1066,3 \text{ м}^3.$$

Коэффициент оборачиваемости станда в сутки:

$$K = \frac{24}{T_{ст}} = \frac{24}{13} = 1,8. \quad (12)$$

## 6.2 Оптимизация при заданном ритме выпуска изделий

Количество ресурсов, используемых на операции в единицу времени, называют интенсивностью операции. Средняя интенсивность потребления трудовых ресурсов:

$$P = \frac{\sum P_i * t_i}{T_c}, \quad (13)$$

где  $P_i$  – интенсивность потребления ресурсов на операции, чел.;  $t_i$  – длительность операции, мин.;  $T_c$  – такт выпуска, мин.

$$P = \frac{4 * 6 + 3 * 20 + 2 * 6}{32} = 3 \text{ чел.}$$

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

$$\Delta H = H_{ф} - H \quad (14)$$

где  $H_{ф}$  – фактические затраты труда, чел.\*мин.;  $H$  – трудоемкость операции, чел.\*мин.



Фактические затраты труда:

$$H_{\phi} = P_{max} * T_c, \quad (15)$$

где  $P_{max}$  – максимальное число рабочих, одновременно занятых на выполнении операций, чел.

$$H_{\phi} = 4 * 32 = 128 \text{ чел. * мин.}$$

Трудоемкость:

$$H = 4 * 6 + 3 * 20 + 2 * 6 = 96 \text{ чел. * мин.}$$

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

$$\Delta H = H_{\phi} - H = 128 - 96 = 32 \text{ чел. * мин.}$$

Оптимизированный график технологических процессов и циклограмма работ кранов представлены в приложении Б.

### 6.3 Расчет уровня механизации и автоматизации

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

$$Y_m = \frac{\sum z_i * k_i * n_i}{3 * \sum n}, \quad (16)$$

где  $z_i$  – характеристика вида механизации операции:

- $z=0$  – операция не механизирована;
- $z=1$  – выполняется при помощи машины ручного действия;
- $z=2$  – выполняется при помощи механизированной машины, имеющей электрический или иной привод, но требующей ручного труда;
- $z=3$  – выполняется при помощи механизированной машины, имеющей электрический или иной привод и не требующей ручного труда;

$k$  – коэффициент степени механизации операций:

- $k=1$  – полностью механизирована;
- $k=0,5$  – частично механизирована;

$n$  – количество операций.

$$Y_m = \frac{36}{3 * 24} * 100 = 50\%$$

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

$$Y_a = \frac{\sum z_i * k_i * n_i}{1,5 * \sum n} \quad (17)$$

где  $z_i$  – характеристика автоматизации:

–  $z=0$  – операция не автоматизирована;

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

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

$k$  – коэффициент степени автоматизации операций:

–  $k=1$  – полностью автоматизирована;

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

$n$  – количество операций.

$$Y_a = \frac{10,75}{1,5 * 24} * 100\% = 30\%$$

Таблица 13 – Расчет уровня механизации и автоматизации

Операции, переходы	Механизация				Автоматизация			
	Zi	Ki	Ni	ZiKiNi	Zi	Ki	Ni	ZiKiNi
Чистка формы	2	1	1	2	0	-	1	0
Смазка формы	2	1	1	2	0	-	1	0
Проверка геометрических размеров наружных щитов и проемообразователей	0	-	1	0	0	-	1	0
Подача арматурных стержней	3	1	1	3	1,5	0,5	1	0,75
Сборка арматурных каркасов	2	1	1	2	0	-	1	0
Строповка арматурных каркасов	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5

Продолжение таблицы 13

Операции, переходы	Механизация				Автоматизация			
	Zi	Ki	Ni	ZiKiNi	Zi	Ki	Ni	ZiKiNi
Укладка арматурных каркасов на самоходную тележку для передачи из арматурного цеха в ФЦ-2	2	1	1	2	1	0,5	1	0,5
Расстроповка каркасов	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Передача арматурных каркасов в ФЦ-2	3	1	1	3	1,5	0,5	1	0,75
Строповка арматурных каркасов	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Установка арматурных каркасов в форму и их фиксация	2	1	1	2	1	0,5	1	0,5
Расстроповка арматурных каркасов	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Закрытие наружных щитов, проверка герметичности формы	0	-	1	0	1	0,5	1	0,5
Формование изделия	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
Уплотнение бетонной смеси	3	1	1	3	1,5	0,5	1	0,75
Распалубка изделия после набора распалубочной прочности в ходе тепловой обработки	2	0,5	1	1	1,5	0,5	1	0,75
Строповка изделия	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Перемещение изделия к посту приемки	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
Расстроповка изделия	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Приемка и маркировка изделий	0	-	1	0	0	-	1	0
Строповка изделия	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5

Окончание таблицы 13

Операции, переходы	Механизация				Автоматизация			
	Zi	Ki	Ni	ZiKiNi	Zi	Ki	Ni	ZiKiNi
Укладка изделий на самоходную тележку для вывоза на склад готовой продукции ФЦ-2	3	1	1	3	1	0,5	1	0,5
Расстроповка изделия	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Перемещение готовых изделий на склад готовой продукции	3	1	1	3	1,5	0,5	1	0,75
Итого				36				10,75

Таким образом, расчеты уровней механизации и автоматизации показали, что общий уровень механизации производственного процесса составил 50% , согласно ОНТП 07-85 [43] уровень механизации должен быть не менее 50%. А уровень автоматизации – 30% , согласно ОНТП 07-85 [43] уровень автоматизации должен быть не менее 30%. Дальнейшее повышение уровней механизации и автоматизации возможно при использовании более совершенного оборудования, уменьшающего долю ручного труда в общем объеме трудозатрат.

## 7 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕРМОФОРМЫ

### 7.1 Описание процессов, протекающих при тепловой обработке

Одним из основных показателей качества железобетонных изделий является механическая прочность. Для ускорения твердения бетонной смеси и придания бетону необходимой прочности применяют тепловую. Особо важными показателями для формирования структуры бетона являются влажностные условия твердения, поэтому во многих случаях используют тепло-влажностную обработку. Этот процесс является наиболее длительным, ответственным и энергоёмким.

Тепло-влажностную обработку проводят до достижения бетоном прочности около 70 % от марочной. Основным принципом тепловой обработки является то, что при повышении температуры среды также увеличивается скорость реакции гидратации. Процесс твердения изделия ускоряется, в сравнении с твердением при нормальных условиях, изделие быстрее приобретает механическую прочность, допускающую его транспортировку.

Пропаривание изделий при производстве шахты лифтов происходит при нормальном давлении при температуре 60-100 °С.

В ходе процесса тепло-влажностной обработки происходят физические, физико-химические и химические реакции, которые формируют структурную прочность бетона. Цемент реагирует с водой в начальный период, за счет реакции гидратации образуется пересыщенный раствор новообразований, которые выделяясь в виде геля из пересыщенного раствора, формируют первичную структуру цементного камня, которая постепенно упрочняется.

Цементный гель, получаемый во время гидратации, увеличивается в размерах одновременно внутрь и наружу цементных зерен, занимает почти в два раза больший объем, чем зерна цемента, из которых он образуется. Поэтому гель вынужден занимать пространство, где ранее находились вода и воздух, и уменьшать пористость и радиус пор. Свободная влага и воздух перемещаются по бетону, а бетон обменивается влагой и воздухом с окружающей средой.

На формирующуюся структуру материала влияет передвижение влаги и воздуха по материалу, а также изменение температурного пол. Структура может разрушаться, если она не может противостоять силе, с которой передвигается масса, и силе возникающих температурных напряжений.

Цикл тепло-влажностной обработки бетонных и железобетонных изделий состоит из основных периодов:

- предварительное выдерживание изделия;
- подъем температуры в камере до максимальной допустимой температуры;
- изотермический прогрев изделий в камере при максимальной допустимой температуре;
- остывание изделий в камере.

#### 1. Предварительное выдерживание

Оптимальным временем предварительного выдерживания может считаться начало схватывания бетона, которое зависит от состава цемента и бетона, а также от температуры окружающей среды. Предварительное выдерживание изделий будет тем продолжительным, чем выше водоцементное отношение и подвижность бетонной смеси и ниже температура окружающей среды. Время предварительного выдерживания бетонов на портландцементе в зависимости от этих факторов может изменяться от 1 до 10 часов.

В период предварительного выдерживания формируется структура бетона в сравнительно спокойных условиях – без движения влаги, температурных деформаций составляющих бетон материалов и т.д. Сформированная структура способна воспринимать тепловое воздействие при подъеме температуры без существенного изменения пористости.

При производстве шахты лифтов предварительное выдерживание оставляет 1 час.

#### 2. Период подъема температуры в камере

В этот период температура в камере должна достигнуть заданной допустимой максимальной температуры. Длительность этого периода может быть различной.

Период подъема температуры влияет на эффективность последующего твердения бетона. Например, быстрый подъем температуры изделий с немедленной распалубкой приводит к пониженной прочности бетона и появлению видимых трещин. Дефекты, возникшие в период подъема температуры, не могут быть исправлены, даже при правильном последующим уходе за изделием.

Для снижения деструктивного воздействия интенсивности нагрева на формирующуюся структуру бетона, особенно при коротких периодах предварительного выдерживания, допускается осуществлять подъем температуры с прогрессивно возрастающей скоростью, при которой учитывается нарастание прочности бетона в процессе подъема температуры: например, в первый час скорость подъема температуры среды в камере принимается 10-5 °С/ч, во второй – 15-25 °С/ч, в третий – 25- 30 °С/ч и т.д. до достижения заданной максимальной температуры.

Целесообразным является применение ступенчатого подъема температуры, когда, например, за первые 1-1,5 часов повышают температуру в камере до 40-50 °С, выдерживают изделия при этой температуре без подачи пара в течение 1-2 часов, а затем осуществляют интенсивный подъем температуры до максимального заданного значения в течение 1-1,5 часов.

Таблица 14 – Скорость подъема температуры в зависимости от начальной прочности.

Начальная прочность бетона при сжатии, МПа	Скорость подъема температуры среды камеры, °С/ч
0,1–0,2	10–15
0,2–0,4	15–25
0,4–0,5	25–35
0,5–0,6	35–45
Более 0,6	45–60

Максимально допустимая температура бетона к концу периода нагрева не должна превышать 80-85 °С при использовании портландцементов, в том числе с минеральными добавками, и 90-95 °С при использовании шлакопортландцементов.

### 3. Период изотермического прогрева изделий в камере

После подъема температуры до заданного максимума следует период изотермического прогрева, когда изделие определенное время выдерживается при принятой постоянной температуре.

Интенсивность твердения меняется во времени, при нормальных условиях твердения при температуре 20 °С бетон умеренно жесткой консистенции за первые 3-5 суток приобретает 50% марочной прочности, а остальные 50% за 23-25 суток. Аналогичная картина наблюдается и при пропаривании, в первые часы имеет место интенсивное нарастание прочности бетона, которое замедляется по мере увеличения продолжительности пропаривания. Таким образом, при пропаривании прочность бетона возрастает непропорционально увеличению градус-часов.

### 4. Период остывания изделий в камере

За периодом изотермического прогрева следует период понижения температуры в камере. Продолжительность его, так же как и остальных, может быть различной.

Вследствие того что изделие имеет температуру большую, чем среда камеры, из бетона начинает испаряться вода, поверхность его высыхает и становится светлее. Кроме того, вследствие разности температур в изделии возникают температурные перепады, которые приводят к образованию напряжений. При этом, чем массивнее изделие и чем быстрее оно охлаждается, тем, естественно, больше температурные напряжения, которые могут привести к образованию трещин.

Допустимая скорость понижения температуры зависит также и от прочности бетона, полученной к концу изотермического прогрева изделий. Температурные перепады приводят к образованию растягивающих напряжений. Поэтому чем



выше прочность бетона, тем большие напряжения он может воспринять без разрушения.

Существенно влияют на появление температурных трещин при охлаждении сквозняки. В закрытом помещении без сквозняков температурный перепад 60–70 °С может не вызвать образования трещин, в то время как при охлаждении на улице, особенно при ветре, даже при меньшем температурном перепаде возможно их возникновение.

При выгрузке изделий из камер температурный перепад между поверхностью изделий и температурой окружающей среды не должен превышать 40 °С.

## 7.2 Обоснование способа и режима тепловой обработки

Стендовая установка периодического действия наиболее приемлема с технологической точки зрения для прогрева бетона при производстве объемных блоков шахты лифтов. Тепло твердеющим изделиям передаётся эжекторным способом.

При тепловой обработке изделий в камерах периодического действия их прогрев осуществляется с применением водяного пара. Основными достоинствами водяного пара являются выделение большого количества тепла при конденсации и высокий коэффициент теплоотдачи. Недостатком является то, что происходит большой рост давления в зависимости от температуры насыщения.

Влажный или сухой насыщенный пар, конденсируясь на поверхности изделий и интенсивно нагревая их, создает в тепловых установках паровоздушную среду с влажностью 100%. В этих условиях влага из бетона практически не испаряется.

Выбор режима тепловой обработки, был определен исходя из ОНТП 07–85 [43]. Скорость подъема температуры среды назначается с учетом начальной прочности бетона, достигаемой в период предварит, выдерживания, и изменяется от 10-15 до 45-60 °С/ч. Длительность изотермического прогрева зависит от активности цемента при пропаривании, величины требуемой распалубочной, передаточной или отпускной прочности бетона и температуры прогрева. Оптимальная температура изотермического прогрева бетона на портландцементях – 80-85 °С. Дли-

тельность периода охлаждения и скорость остывания бетона в изделиях зависят от температуры изотермического прогрева, плотности бетона, массивности изделий и назначаются применительно к конкретным изделиям и технологиям, но независимо от этих факторов температурный перепад между бетоном изделий и средой не должен превышать 40 °С к концу периода охлаждения.

Для изготовления шахты лифтов из тяжёлого бетона проектной марки М200 и толщиной 100 мм общая продолжительность тепловой обработки составляет 12 часов, из которых 1 час необходим для предварительной выдержки изделия, 3,5 час – на нагрев и поднятие температуры, 5,5 часа – на изотермическую выдержку и 2 часа на охлаждение.

### 7.3 Тепловой баланс периода поднятия температуры

Тепловой баланс посчитан для конструкции шахты лифта ШЛС 28-40 из тяжелого бетона В15  $\rho = 2312 \text{ кг/м}^3$ , объем бетона в изделии –  $1,76 \text{ м}^3$ . Расход на  $1 \text{ м}^3$  сухих составляющих:

- цемент (М400) –  $303 \text{ кг/ м}^3$ ;
- щебень гранитный –  $1210 \text{ кг/ м}^3$ ;
- песок –  $584 \text{ кг/ м}^3$ ;
- расход воды 215 л.

Расход тепла на нагрев сухой части бетона:

$$Q_{c1} = \frac{Ц+П+Щ}{1000} * C_c * (t_{Б1} - t_{Б0}), \quad (18)$$

где Ц,П,Щ – содержание цемента, песка и щебня в бетоне,  $\text{кг/м}^3$ ;  $C_c$ - теплоёмкость сухой части бетона,  $\text{кДж/кг} \times \text{°С}$ ,  $C_c = 0,84 \text{ кДж/кг} \times \text{°С}$ ;  $t_{Б1}$ ,  $t_{Б0}$  – соответственно, средняя к концу периода температура бетона в изделии ( $80 \text{ °С}$ ) и начальная температура бетонной массы ( $10 \text{ °С}$ ).

$$Q_{c1} = \frac{303+584+1210}{1000} * 0,84 * (80 - 10) = 123,3 \text{ МДж/м}^3.$$

Расход тепла на испарение части воды затворения:

$$Q_{исп} = \frac{W}{1000} * (2493 + 1,97 * t_{CP1}), \quad (19)$$

где  $W$  – масса испаряемой части воды, которая равна 1% массы  $1\text{ м}^3$  бетона,  $W=23,12$  кг;  $t_{\text{CP1}}$  – средняя температура среды в камере за период, °C,  $t_{\text{CP1}} = \frac{80+10}{2} = 45$  °C.

$$Q_{\text{исп}} = \frac{23,12}{1000} * (2493 + 1,97 * 45) = 59,7 \text{ МДж/м}^3.$$

Расход тепла на нагрев воды, оставшейся в изделиях к концу периода:

$$Q_{\text{в1}} = \frac{B - W}{1000} * C_{\text{в}} * (t_{\text{Б1}} - t_{\text{Б0}}), \quad (20)$$

где  $C_{\text{в}}$  – теплоёмкость воды, кДж/кг×°C,  $C_{\text{в}} = 4,19$  кДж/кг×°C;  $B$  – объём воды, затрачиваемый для приготовления  $1\text{ м}^3$  бетона, л;  $W$  – масса испаряемой части воды, которая равна 1% массы  $1\text{ м}^3$  бетона,  $W=23,12$  кг;  $t_{\text{Б1}}$ ,  $t_{\text{Б0}}$  – соответственно, средняя к концу периода температура бетона в изделии (80 °C) и начальная температура бетонной массы (10 °C).

$$Q_{\text{в1}} = \frac{215-23,12}{1000} * 4,19 * (80 - 10) = 56,3 \text{ МДж/м}^3.$$

Расход тепла на нагрев арматуры и закладных деталей:

$$Q_{\text{а1}} = \frac{A}{1000} * C_{\text{а}} * (t_{\text{а1}} - t_{\text{Б0}}), \quad (21)$$

где  $A$  – масса стали в изделиях, кг,  $A=111,76$  кг;  $C_{\text{а}}$  – теплоёмкость стали, кДж/кг×°C,  $C_{\text{а}} = 0,48$  кДж/кг×°C;  $t_{\text{а}}$  – температура стали, °C,  $t_{\text{а}}=80$ °C.

$$Q_{\text{а1}} = \frac{111,76}{1000} * 0,48 * (80 - 10) = 3,8 \text{ МДж/м}^3.$$

Расход тепла на нагрев форм:

$$Q_{\text{ф1}} = \frac{\Phi}{1000} * C_{\text{ф}} * (t_{\text{ф1}} - t_{\text{ф0}}), \quad (22)$$

где  $\Phi$  – удельная металлоёмкость форм, кг/м<sup>3</sup>,  $\Phi=18000$  кг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{ф}}$  – теплоёмкость форм, кДж/кг×°C,  $C_{\text{ф}}=0,48$  кДж/кг×°C;  $t_{\text{ф1}}$ ,  $t_{\text{ф0}}$  – соответственно, средняя к концу периода температура бетона в изделии (80 °C) и начальная температура бетонной массы (10 °C).

$$Q_{\text{ф1}} = \frac{18000}{1000} * 0,48 * (80 - 10) = 604,8 \text{ МДж/м}^3$$

Расход тепла на нагрев ограждающих конструкций формы:

$$Q_{\text{огр}1} = \frac{7,2}{1000 * m * V_{\text{и}}} * \sum \lambda_i * F_i * (t_{ni1} - t_{ni0}) * \sqrt{\frac{\tau_1}{3,14 * a_i}}, \quad (23)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность материала ограждения, Вт/м×°С;  $a$  – температуропроводность материала ограждения, м<sup>2</sup>/ч;  $\tau$  – длительность периода подогрева, час,  $\tau = 3,5$  часа;  $t_{ni0}$  и  $t_{ni1}$  – средняя температура внутренней поверхности ограждения в начале и конце периода, соответственно, °С,  $t_{ni0} = 10$  °С,  $t_{ni1} = 80$  °С;  $F$  – площадь ограждения по внутреннему объёму, м<sup>2</sup>,  $F = 18,68$  м<sup>2</sup>;  $m$  – количество изделий, шт.

Эквивалентный коэффициент теплопроводности рассчитывается по формуле:

$$\lambda_3 = \frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{\lambda_i}} = \frac{0,005 + 0,1 + 0,01}{\frac{0,005}{50} + \frac{0,1}{0,056} + \frac{0,01}{50}} = 0,065 \text{ Вт/м} \times \text{°С}. \quad (24)$$

где  $S_i$  – толщина слоя, м;  $\lambda_i$  – теплопроводность материала слоя Вт/м×°С.

Температуропроводность материала ограждения:

$$a_3 = \frac{3,6 * \lambda_3}{C_3 * \rho_3}, \quad (25)$$

где  $C_3$  – эквивалентный коэффициент теплоёмкости, кДж/кг×°С;  $\lambda_3$  – эквивалентный коэффициент теплопроводности, Вт/м×°С,  $\lambda_3 = 0,065$  Вт/м×°С;  $\rho_3$  – эквивалентная объёмная плотность, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_3 = \frac{\sum \rho_i * S_i}{\sum S_i}, \quad (26)$$

где  $\rho_i$  – объёмная плотность слоя.

$$\rho_3 = \frac{\sum \rho_i * S_i}{\sum S_i} = \frac{0,005 * 7850 + 100 * 0,1 + 7850 * 0,01}{0,005 + 0,1 + 0,01} = 1110,87 \text{ кг/м}^3.$$

Эквивалентный коэффициент теплоёмкости рассчитывается по формуле:

$$C_3 = \frac{\sum \rho_i * S_i * C_i}{\sum \rho_i * S_i} = \frac{7850 * 0,005 * 0,462 + 100 * 0,1 * 0,84 + 7850 * 0,01 * 0,462}{7850 * 0,005 + 100 * 0,1 + 7850 * 0,01} = 0,66 \text{ кДж/кг} \times \text{°С}. \quad (27)$$

Тогда температуропроводность материала ограждения:

$$a_{\text{э}} = \frac{3,6 \cdot 0,065}{0,66 \cdot 1110,87} = 0,00032 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

Следовательно, расход тепла на нагрев ограждающих конструкций формы:

$$Q_{\text{ОГР1}} = \frac{7,2}{1000 \cdot 1 \cdot 7,82} \cdot 0,065 \cdot 18,68 \cdot (80 - 10) \cdot \sqrt{\frac{3,5}{3,14 \cdot 0,00032}} = 4,6 \text{ Дж/м}^3.$$

Потери тепла в окружающую среду ограждениями камеры:

$$Q_{\text{ОС1}} = \frac{3,6 \cdot (t_{\text{СР1}} - t_{\text{ОС}}) \cdot \tau_1}{1000 \cdot m \cdot V_{\text{и}}} \cdot \sum F_i \cdot K_i, \quad (28)$$

где  $K_i$  – коэффициент теплопередачи через ограждение, Вт/м<sup>2</sup>·°С,  $K_i=0,5$ [43];  $\tau$  – длительность периода подогрева, час,  $\tau = 3,5$  часа;  $m$  – количество изделий, шт;  $F$  – площадь ограждения по внутреннему объёму, м<sup>2</sup>,  $F=18,68$  м<sup>2</sup>;  $t_{\text{СР1}}$  – средняя температура среды в камере за период, °С,  $t_{\text{СР1}} = 45$  °С;  $t_{\text{ОС}}$  – начальная температура бетонной массы (10 °С).

$$Q_{\text{ОС1}} = \frac{3,6 \cdot (45 - 10) \cdot 3,5}{1000 \cdot 1 \cdot 7,82} \cdot 18,68 \cdot 0,5 = 0,53 \text{ МДж/м}^3.$$

Тепловыделение бетона:

$$Q_{\text{э1}} = 2,3 \cdot 10^{-7} \cdot q_{\text{ЭКВ}} \cdot \left(\frac{B}{C}\right)^{0,44} \cdot C \cdot t_{\text{БСР1}} \cdot \tau_1, \quad (29)$$

где  $q_{\text{ЭКВ}}$  – тепловыделение цемента за 28 суток твердения в нормальных условиях, кДж/кг,  $q_{\text{ЭКВ}} = 250$ , кДж/кг [56];  $C$  – количество цемента в 1м<sup>3</sup>,  $C=303$ кг.

$$Q_{\text{э1}} = 2,3 \cdot 10^{-7} \cdot 250 \cdot \left(\frac{215}{303}\right)^{0,44} \cdot 303 \cdot 80 \cdot 3,5 = 4,19 \text{ МДж/м}^3.$$

Тепло поступающее в камеру:

$$Q_{\text{ТО1}} = Q_{\text{П1}} + Q_{\text{ПОТ1}}, \quad (30)$$

где  $Q_{\text{П1}}$  – полезный расход тепла, МДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{\text{ПОТ1}}$  – непроизводительный расход тепла, МДж/м<sup>3</sup>.

Полезный расход тепла:

$$Q_{\text{П1}} = Q_{\text{С1}} + Q_{\text{ИСП}} + Q_{\text{В1}} + Q_{\text{а1}} + Q_{\text{ф1}} - Q_{\text{э1}}, \quad (31)$$

где  $Q_{\text{С1}}$  – расход тепла на нагрев сухой части бетона, МДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{\text{ИСП}}$  – расход тепла на испарение части воды затворения, МДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{\text{В1}}$  – расход тепла на нагрев воды, оставшейся в изделиях к концу периода, МДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{\text{а1}}$  – расход теп-

ла на нагрев арматуры и закладных деталей, МДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{\phi 1}$  – расход тепла на нагрев форм, МДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{э1}$  – тепловыделение бетона, МДж/м<sup>3</sup>.

$$Q_{п1} = 123,3 + 59,7 + 56,3 + 3,8 + 604,8 - 4,19 = 843,71 \text{ МДж/м}^3.$$

Непроизводственный расход тепла:

$$Q_{ПОТ1} = Q_{ОГР1} + Q_{ОС1}, \quad (32)$$

где  $Q_{ОГР1}$  – расход тепла на нагрев ограждающих конструкций формы, МДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{ОС1}$  – потери тепла в окружающую среду ограждениями камеры, МДж/м<sup>3</sup>.

$$Q_{ПОТ1} = 4,6 + 0,53 = 5,13 \text{ МДж/м}^3.$$

Тогда поступающее тепло в камеру:

$$Q_{ТО1} = 843,71 + 5,13 = 848,84 \text{ МДж/м}^3.$$

Удельный и часовой расход пара:

$$q_{п1} = \frac{1000 * Q_{ТО1}}{i_n - i_k}, \quad (33)$$

где  $i_n$  – энтальпия пара, кДж/кг,  $i_n = 2643,8$  кДж/кг;  $i_k$  – энтальпия конденсата, кДж/кг,  $i_k = 335,2$  кДж/кг.

$$q_{п1} = \frac{1000 * 848,84}{2643,8 - 335,2} = 367,69 \text{ кг}.$$

Часовой расход пара:

$$G_i = m * V_{и} * q_{п1}, \quad (34)$$

где  $m$  – количество изделий, шт;  $V_{и}$  – объём бетона в изделии, м<sup>3</sup>,  $V_{и} = 1,76$  м<sup>3</sup>;  $q_{п1}$  – удельный расход пара.

$$G_i = 1 * 1,76 * 367,69 = 647,13 \text{ кг}.$$

#### 7.4 Тепловой баланс в период изотермического выдерживания

Расход тепла на нагрев сухой части бетона:

$$Q_{с2} = \frac{Ц+П+Щ}{1000} * C_c * (t_{Б2} \quad (35)$$

где Ц, П, Щ – содержание цемента, песка и щебня в бетоне, кг/м<sup>3</sup>;  $C_c$  – теплоёмкость сухой части бетона, кДж/кг×°С,  $C_c = 0,84$  кДж/кг×°С;  $t_{Б2}$  – средняя к концу периода температура бетона в изделии (80 °С).

$$Q_{c2} = \frac{303+584+1210}{1000} * 0,84 * 80 = 140,9 \text{ МДж/м}^3.$$

Расход тепла на нагрев воды, оставшейся в изделиях к концу периода:

$$Q_{B2} = \frac{B - W}{1000} * C_B * (t_{B2}), \quad (36)$$

где  $C_B$  – теплоёмкость воды, кДж/кг×°С,  $C_B = 4,19$  кДж/кг×°С;  $B$  – объём воды, затрачиваемый для приготовления 1м<sup>3</sup> бетона, л;  $W$  – масса испаряемой части воды, которая равна 1% массы 1м<sup>3</sup> бетона,  $W=23,12$  кг;  $t_{B2}$  – средняя к концу периода температура бетона в изделии (80 °С).

$$Q_{B2} = \frac{215-23,12}{1000} * 4,19 * 80 = 64,3 \text{ МДж/м}^3.$$

Расход тепла на нагрев ограждающих конструкций формы:

$$Q_{огр2} = \frac{7,2}{1000 * m * V_{и}} * \sum \lambda_i * F_i * (t_{ni2}) * \sqrt{\frac{\tau_2}{3,14 * a_i}}, \quad (37)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность материала ограждения, Вт/м×°С;  $a$  – температуропроводность материала ограждения, м<sup>2</sup>/ч;  $\tau$  – длительность периода изотермического выдерживания, час,  $\tau = 5,5$  часа;  $t_{ni2}$  – средняя температура внутренней поверхности ограждения конце периода (80 °С);  $F$  – площадь ограждения по внутреннему объёму, м<sup>2</sup>,  $F=18,68$  м<sup>2</sup>;  $m$  – количество изделий, шт.

$$Q_{огр2} = \frac{7,2}{1000 * 1 * 7,82} * 0,065 * 18,68 * 80 * \sqrt{\frac{5,5}{3,14 * 0,00032}} = 65,85 \text{ Дж/м}^3.$$

Потери тепла в окружающую среду ограждениями камеры:

$$Q_{oc2} = \frac{3,6 * t_{ср2} * \tau_2}{1000 * m * V_{и}} * \sum F_i * K_i, \quad (38)$$

где  $K_i$  – коэффициент теплопередачи через ограждение, Вт/м\* °С,  $K_i=0,5$ [43];  $\tau$  – длительность периода подогрева, час,  $\tau = 5,5$  часа;  $m$  – количество изделий, шт;  $F$  – площадь ограждения по внутреннему объёму, м<sup>2</sup>,  $F=18,68$  м<sup>2</sup>;  $t_{ср1}$  – средняя температура среды в камере за период, °С,  $t_{ср2} = 80$  °С.

$$Q_{oc2} = \frac{3,6 * 80 * 5,5}{1000 * 1 * 7,82} * 18,68 * 0,5 = 1,89 \text{ МДж/м}^3.$$

Полезный расход тепла:

$$Q_{п2} = Q_{c2} + Q_{B2}, \quad (39)$$

где  $Q_{с2}$  – расход тепла на нагрев сухой части бетона, МДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{в2}$  – расход тепла на нагрев воды, оставшейся в изделиях к концу периода, МДж/м<sup>3</sup>.

$$Q_{п1} = 140,9 + 64,3 = 205,2 \text{ МДж/м}^3.$$

Непроизводственный расход тепла:

$$Q_{пот2} = Q_{огр2} + Q_{ос2}, \quad (40)$$

где  $Q_{огр2}$  – расход тепла на нагрев ограждающих конструкций формы, МДж/м<sup>3</sup>;  $Q_{ос2}$  – потери тепла в окружающую среду ограждениями камеры, МДж/м<sup>3</sup>.

$$Q_{пот2} = 65,85 + 1,89 = 67,74 \text{ МДж/м}^3.$$

Тогда поступающее тепло в камеру:

$$Q_{то2} = 205,2 + 67,74 = 272,84 \text{ МДж/м}^3.$$

Удельный и часовой расход пара:

$$q_{n2} = \frac{1000 * Q_{то2}}{i_n - i_k}, \quad (41)$$

где  $i_n$  – энтальпия пара, кДж/кг,  $i_n = 2643,8$  кДж/кг;  $i_k$  – энтальпия конденсата, кДж/кг,  $i_k = 335,2$  кДж/кг.

$$q_{n2} = \frac{1000 * 272,84}{2643,8 - 335,2} = 118,18 \text{ кг}.$$

Часовой расход пара:

$$G_i = m * V_{и} * q_{n2}, \quad (42)$$

где  $m$  – количество изделий, шт;  $V_{и}$  – объем бетона в изделии, м<sup>3</sup>,  $V_{и} = 1,76$  м<sup>3</sup>;  $q_{n2}$  – удельный расход пара.

$$G_i = 1 * 1,76 * 118,18 = 208 \text{ кг}.$$

Общий расход пара:

$$q_{то} = q_{п1} + q_{п2} = 367,69 + 118,18 = 485,87 \text{ кг}. \quad (43)$$



## 8 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕРМОФОРМЫ

Для повышения производительности и уменьшения расхода материалов используют автоматизацию технологических процессов, это позволяет сократить количество внеплановых простоев оборудования и нарушений режимов работы-технологического процесса. Качество продукции становится более высоким и стабильным с применением автоматизации процессов, благодаря чему последующие процессы могут быть значительно упрощены и в большинстве своем также автоматизированы.

Тепловлажностная обработка бетона является одним из завершающих технологических процессов производства бетонных и железобетонных изделий, она позволяет ускорить твердения бетона. Наиболее широко применяется тепловлажностная обработка бетона пропариванием в специальных камерах при нормальном давлении и температуре 60-100°C. Высокие температуры 80-90°C ускоряют химические реакции бетона. Тепловлажностная обработка бетона насыщенным паром основной способ, который позволяет создать влажностные условия нагрева и сохранить в материале влагу затворения.

Установки для тепловлажностной обработки разделяют по следующим признакам:

– по режиму работы: установки периодического и непрерывного действия, а установки периодического действия подразделяются: работающие при атмосферном и избыточном давлении. Установки непрерывного действия могут работать только при атмосферном давлении. В качестве установок периодического действия применяют ямные и напольные камеры, кассеты, пакеты, термоформы и автоклавы. Установки непрерывного действия изготавливают в виде горизонтальных и вертикальных камер, в которых происходит непрерывное или импульсное передвижение подвергаемого обработке материала;

– по виду используемого теплоносителя: установки, в которых используют водяной пар при атмосферном и избыточном давлениях; паровоздушную смесь, горячую воду, электроэнергию, продукты горения топлива и высокотемпературные органические теплоносители.

Автоматизация процесса тепловлажностной обработки позволяет поддерживать температурно-влажностный режим, обеспечивает заданные качественные показатели изделия и снижает расход тепловой энергии на 15-20% по сравнению с аналогичными тепловыми установками, режим которых поддерживается вручную.

#### 8.1 Технологические параметры, подлежащие контролю и регулированию

Автоматизированная система управления технологическим процессом термовлажностной обработки объемных шахт лифтов в термоформах устанавливается для сбора, обработки и отображения информации о ходе технологического процесса, организации управления производства в стационарном и динамическом режимах.

Автоматизированная система управления технологическим процессом термовлажностной обработки объемных шахт лифтов в термоформах может обеспечить:

- контроль за режимами процесса, измерение основных параметров процесса (температуры, избыточного давления, времени обработки, энергопотребление), сбор данных, представление полученной информации о состоянии техпроцесса обслуживающему персоналу;
- стабилизацию отдельных параметров техпроцесса и технологически связанных групп параметров;
- дистанционное управление регулирующей аппаратурой и технологическим оборудованием;
- автоматическое регулирование;
- обеспечение устойчивости протекания техпроцесса и реализации функций управления по стабилизации основных параметров;
- анализ состояния регулирующей аппаратуры и технологического оборудования, сигнализацией о всех отклонениях от нормального протекания процесса обработки;

– архивирование измеряемых параметров, действий/бездействий ответственных лиц с последующей выдачей записываемой информации в необходимом виде.

Объектом управления является термоформа, в которой объемная шахта проходит заданные циклы температурных воздействий. Термоформа представляет собой форму, в которой формуют железобетонные изделия, и одновременно подвергают тепловлажностной обработке. Термоформа содержит паровой регистр для образования паровоздушной смеси в камере, паровую задвижку для регулировки подачи пара и систему удаления пара, обеспечивающие заданный температурный режим. Охлаждение изделий производится при разбавлении горячего воздуха холодным. Теплоснабжение зоны прогрева осуществляется при помощи перфорированных труб, пар поступает по всей длине зоны. Контроль температуры ведется с помощью датчиков расположенных в самой термоформе.

Установки автоматического регулирования тепловой обработки железобетонных изделий в термоформах, применяющиеся в настоящее время, можно разделить на две основные группы.

Установки регулирования на базе программных регуляторов, обрабатывающих необходимую программу тепловой обработки: подачу в определённое время теплоносителя. Установки регулирования на базе регуляторов стабилизации, использующие дополнительные приборы и приспособления для осуществления поддержания регулируемой температуры.

Система автоматического регулирования термоформы позволяет обеспечить:

- подвод пара;
- отключение подачи пара;
- расход подачи пара;
- измерение влажности;
- контроля температуры датчиками нижнего и верхнего уровня;
- регулирование температуры;
- контроль скорости подъема температуры;

- контроль скорости понижения температуры;
- световую индикацию о протекании процесса: подъем температуры, изотермическое выдерживание, охлаждение, цикл окончен;
- звуковую и световую сигнализацию об обрыве датчика;
- звуковую и световую сигнализацию падения давления.

## 8.2 Построение функциональной схемы системы автоматизации

Функциональная схема автоматизации является основным технологическим документом, определяющим функциональную структуру и объем автоматизации технологических процессов. Данная схема представляет собой чертеж, на котором условными обозначениями совмещены и изображены два раздела:

- технологический – объекты управления, т. е. технологические установки, аппараты, агрегаты и т. п., и связывающие их коммуникационные потоки;
- автоматизации – средства автоматизации: датчики, приборы, вычислительные устройства, промышленные контроллеры и компьютеры и т. п. с указанием связей между ними и технологическим оборудованием, а также связей между отдельными элементами автоматики.

Технологическое оборудование и оборудование для перемещения материальных потоков изображают упрощенно, без второстепенных конструктивных деталей, но с учетом взаимного расположения с приборами и средствами автоматизации. Автоматизацию показывают отборными устройствами, которые можно назвать чувствительными элементами измерительных устройств: измерительные преобразователи, преобразующие и регулирующие приборы, вычислительные устройства, аппаратуру управления, исполнительные устройства, регулирующие механизмы, элементы индикации и сигнализации и т.д.

На трубопроводе подачи пара установлен регулятор давления РС 1-1, работающий без использования постороннего источника энергии. Далее на трубопроводе установлен датчик индукционного расходомера FE 2-1 – первичный измерительный преобразователь для измерения расхода пара. На щите оператора установлен дифманометр показывающий FI 2-2, также установлена звуковая и световая сигнализации о падении давления пара.

В термоформе установлены первичные измерители преобразователи для измерения влажности ME, давления PE и температуры – термопреобразователи сопротивления в верхней и нижней части формы TE 7-1 и TE 8-1. Приборы для измерения влажности MT, давления PT и температуры TT бесшкальные с дистанционной передачей показаний установлены по месту. На щите оператора установлены приборы для измерения влажности MI и давления PI показывающие. Для регистрации и регулирования температуры установлен самопишущий регулятор температуры TRC, также присутствует световая и звуковая сигнализация об обрыве датчиков.

Регулятор температуры может с помощью электродвигателей может открывать и закрывать вентили пара и воздуха. Данные вентили снабжены световой индикацией о состоянии – открыты или закрыты. В термоформе также присутствует вентиль для слива конденсата, который снабжен пусковой аппаратурой для электродвигателя. Световая индикация показывает открыт или закрыт вентиль. Установлен первичный преобразователь для измерения температуры, приборы для измерения температуры конденсата бесшкальный с дистанционной передачей показаний установлен по месту, на щите оператора установлен приборы для измерения температуры TI показывающий.

На щите оператора установлен прибор для управления процессом по временной программе для тепловлажностной обработки изделия со световой индикацией процесса: подъем температуры, изотермическое выдерживание, охлаждение, цикл окончен. После окончания цикла изделия готовы к выгрузке из формы.

Функциональная схема автоматизации представлена в приложении В.

## 9 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Целью предприятия является обеспечение эффективного и прибыльного производства, оптимальное управление предприятием строится на достижении заданных социальных и экономических целей с максимальной при заданных условиях эффективностью. Экономическая эффективность – показатель результативности деятельности предприятия, представляющий соотношение результата и затрат, использованных для достижения этого результата.

Под эффективностью предприятия подразумевается производство продукции и услуг с наименьшими издержками, то есть способность предприятия выпускать максимальное количество товаров хорошего качества с минимальными затратами и осуществлять их продажу с наименьшими издержками.

Инвестиции – это финансовый ресурс, представляющий собой использование финансов в форме капиталовложений, как краткосрочных, так и долгосрочных. Под капитальными вложениями понимают вклад материальных ресурсов, затраты трудовых и денежных средств на создание, реконструкцию, модернизацию, расширение и техническое перевооружение основных фондов, а также на связанные с ними изменения оборотных средств.

Эффективность предприятия зависит не только от материальных составляющих (ресурсов, сырья, количества работников и т.д.), но и от их качества ресурсов.

Оценка экономической эффективности предполагает использование частных и обобщающих показателей. По частным показателям можно определить эффективность применения отдельно взятого ресурса и результативность любого конкретного продукта. По обобщающим показателям определяется эффективность всех ресурсов и продуктов и результативность организации в целом. Из общего числа обобщающих показателей необходимо выбрать один, который будет являться критерием, характеризующим уровень экономической эффективности.

Основные финансово и технико-экономических показателей, необходимые для оценки экономической эффективности предприятия:

– прибыль;

- рентабельность;
- окупаемость затрат;
- норма прибыли;
- себестоимость продукции;
- чистая продукция (валовый доход);
- производительность живого труда;
- трудоемкость.

## 9.2 Основные экономические показатели

Технико-экономические расчеты для оценки эффективности принятых решений выполняются в ценах 1985 года. При экономической оценке проектных решений определяется заводская себестоимость продукции, которая складывается из стоимости материалов и себестоимости их переработки с учетом затрат на амортизацию здания, спецсооружений и оборудования [46]. Себестоимость 1 м<sup>3</sup> изделий подсчитывается:

$$C_{и} = C_{б} + \Sigma C_{ст} + \Sigma C_{а} + C_{у} + C_{ф} + C_{о} + C_{п} + C_{э} + C_{об} + Z, \quad (44)$$

где  $C_{б}$  – себестоимость 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, руб.,  $C_{б} = 32,5$  руб. бетонной смеси В15;  $\Sigma C_{ст}$  – суммарная цена всех видов арматурной стали, расходуемой на 1 м<sup>3</sup> изделий, руб.,  $\Sigma C_{ст} = 21,5$  руб.;  $\Sigma C_{а}$  – суммарные затраты на изготовление ненапрягаемой арматуры на 1 м<sup>3</sup> изделий, руб.,  $\Sigma C_{а} = 3,1$  руб.;  $C_{у}$  – себестоимость укладки ненапрягаемой арматуры в форму на 1 м<sup>3</sup> железобетонных изделий, руб.,  $C_{у} = 1,07$  руб.;  $C_{ф}$  – себестоимость формования 1 м<sup>3</sup> изделий, руб.,  $C_{ф} = 10,9$  руб.;  $C_{о}$  – затраты на содержание и эксплуатацию форм (опалубки), руб., на 1 м<sup>3</sup> бетона конструкций,  $C_{о} = 4,9$  руб.;  $C_{п}$  – себестоимость пара для тепловлажностной обработки 1 м<sup>3</sup> изделий, руб.,  $C_{п} = 5,6$  руб.;  $C_{э}$  – себестоимость электроэнергии, расходуемой на 1 м<sup>3</sup> изделий, руб.;  $C_{об}$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;  $Z$  – полная заработная плата рабочих на 1 м<sup>3</sup> изделий, руб.

$$C_{э} = (\mathcal{E} + \mathcal{E}_2) * C_{э}, \quad (45)$$

Удельный расход силовой электроэнергии  $\mathcal{E}$  (квт\*ч/м<sup>3</sup>) определяют исходя

из суммарной мощности токоприемников, имеющих на технологической линии и количества часов работы линии в год:

$$\mathcal{E} = 0,3 * F * h * V_p / P, \quad (46)$$

где F – суммарная мощность токоприемников, квт; h – число рабочих часов в сутки; V<sub>p</sub> – число рабочих суток в году; P – годовая производительность предприятия, м<sup>3</sup>.

$$\mathcal{E} = (0,3 * 161 * 22 * 358) / 1066,3 = 356,7 \text{ квт} * \text{ч} / \text{м}^3.$$

Удельный расход электроэнергии (Э<sub>2</sub>) на электротермообработку изделий из тяжелого и легкого конструктивного бетона не превышает 80 квт\*ч/м<sup>3</sup>. Стоимость электроэнергии Цэ принимается 0,025 руб. за 1 квт\*ч.

$$C_{\mathcal{E}} = (356,7 + 80) * 0,025 = 10,9 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$C_{об} = 3,2 * \Sigma A_{об} / P, \quad (47)$$

где ΣA<sub>об</sub> – сумма отчислений на амортизацию технологического и транспортного оборудования формовочного цеха без формы, руб.

Таблица 15 – Амортизационные отчисления

Наименование оборудования	Число машин, шт	Стоимость, руб.	Норма амортизационных отчислений	
			%	Руб.
Навесной вибратор	8	560	27,5	154
Машина для чистки и смазки формы	1	6235	16,8	1047
Пистолет для вязки арматуры	1	2133	20,6	439,4
Машина для варки каркасов	1	3250	20,6	669,5
Бетоноукладчик	1	8568	20	1714
Кран-балка	2	19000	8,4	1596
Кюбель для бетонной смеси	1	1038	15,6	162
Траверса	2	1904	15,6	297
Итого		42688		6078,9

$$C_{об} = 3,2 * 6078,9 / 1066,3 = 18,2 \text{ руб.}$$

Затраты труда (трудоемкость) на единицу изготавливаемой продукции в



чел.\*час/м<sup>3</sup> устанавливаются исходя из состава производственной бригады:

$$r = R * c * h / P * n_c, \quad (48)$$

где R – явочное число рабочих в бригаде в сутки, чел; c – число рабочих суток в году; h – число рабочих часов в сутки; P – годовая производительность, м<sup>3</sup>; n<sub>c</sub> – число смен в сутки.

$$r = (4 * 358 * 22) / (1066,3 * 3) = 9,8 \text{ чел.} * \text{час} / \text{м}^3.$$

Полная заработная плата на 1 м<sup>3</sup> изделий с учетом дополнительной зарплаты в размере 10 % от основной, отчисления на социальное страхование – 6,1 % от суммы основной и дополнительной заработной платы:

$$Z = r * \phi * 1,1 * 1,061, \quad (49)$$

где  $\phi$  – часовая ставка рабочего-сдельщика среднего тарифного разряда, руб, определяется интерполяцией из [45].

$$Z = 9,8 * 0,512 * 1,1 * 1,061 = 5,9 \text{ руб.} / \text{м}^3.$$

Тогда себестоимость изделия:

$$C_u = 32,5 + 21,5 + 3,1 + 1,07 + 10,9 + 4,9 + 5,6 + 10,9 + 18,2 + 5,9 = 114,57 \text{ руб.}$$

Годовая прибыль предприятия:

$$P_r = (C - C_u) * P, \quad (50)$$

где C – цена 1 м<sup>3</sup> железобетонных конструкций, руб., C = 140 руб/м<sup>3</sup>.

$$P_r = (140 - 114,57) * 1066,3 = 27116 \text{ руб.}$$

Общая экономическая эффективность капитальных вложений:

$$E_{ПР} = \Delta P_{ПР} / K_{ПР} = (C - C_u) / K_{ПР}, \quad (51)$$

где E<sub>ПР</sub> – коэффициент экономической эффективности производства, руб./руб.;  $\Delta P_{ПР}$  – прирост годовой прибыли или прибыль предприятия, руб.; K<sub>ПР</sub> – капитальные вложения, руб.; C – стоимость годового выпуска продукции, руб.; C<sub>у</sub> – себестоимость годового выпуска предприятия, руб.

$$E_{ПР} = 27116 / 42688 = 0,64.$$

Капиталовложения могут считаться эффективными, если соблюдается условие:

$$E_{ПР} \geq E_{норм} \quad (52)$$

где E<sub>норм</sub> – нормативный показатель, E<sub>норм</sub> = 0,12.

$$0,64 \geq 0,12$$

Расчеты сравнительной эффективности капитальных вложений по проведенным затратам:

$$Z = C + E_{пр} * K, \quad (53)$$

где  $Z$  – затраты, деньги вложенные в производство, руб.;  $C$  – себестоимость годового выпуска предприятия, руб.;  $E_{пр}$  – коэффициент экономической эффективности производства, руб./руб.;  $K$  – капитальные вложения, руб.

$$Z = 122166 + 0,64 * 42688 = 149486 \text{ руб.}$$

Выработка – степень использования трудовых ресурсов.

$$B = Q / Ппр, \quad (54)$$

где  $Q$  – годовой объем валовой продукции, руб.;  $Ппр$  – годовая среднесписочная численность промышленного производственного персонала, чел.

$$B = 122166 / 4 = 30541,5 \text{ руб./чел.}$$

Срок окупаемости:

$$T = \Sigma K / Ппр, \quad (55)$$

$$T = 42688 / 27116 = 1,6 \text{ года.}$$

Таблица 16 – Техничко-экономические показатели стандовой линии производства объемных шахт лифтов

Наименование показателей	Ед. изм.	Значение
Годовой выпуск продукции	м <sup>3</sup>	1066,3
Годовая выработка на одного рабочего	м <sup>3</sup> /чел	266,6
Заработная плата рабочего	руб/м <sup>3</sup>	5,9
Себестоимость 1 м <sup>3</sup> изделий	руб/м <sup>3</sup>	114,57
Цена 1 м <sup>3</sup> изделий	руб/м <sup>3</sup>	140
Годовая прибыль	руб	27116
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	1,6

## 10 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Основной задачей охраны труда является сведение к минимуму вероятность поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфортных условий при сохранении максимальной производительности труда. Решением данной задачи является внедрение новой безопасной и высокопроизводительной техники, прогрессивные методы организации труда, комплексная механизация и автоматизация. А также мероприятий технического характера, которые будут способствовать облегчению условий труда, обеспечению безопасных условий труда, устранению причин, вызывающих травматизм и профессиональные заболевания.

Правила и нормы по охране труда должны соблюдаться при проектировании, строительстве и эксплуатации производственных предприятий. Не могут быть приняты в эксплуатацию предприятие, цех, участок или лаборатория, если на них не обеспечены безопасные условия труда, предусмотренные правилами и нормами.

Правила по технике безопасности содержат требования, направленные на защиту работающих от воздействия предметов и средств труда. В них регламентируются условия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию машин, оборудования, инструментов.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003–74 [23] физическими опасными и вредными производственными факторами являются:

- микроклимат;
- недостаток естественного света;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- вибрация;
- электро-, пожаро- и взрывоопасность;
- движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы.

## 10.1 Микроклимат

Самочувствие и работоспособность человека зависят от состояния метеорологических условий производственной среды, которые определяются сочетанием трех основных параметров: температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха на всех местах пребывания работника в течение смены и сопоставления с нормативами.

ГОСТ 12.1.005–88 [24] и СанПин 2.2.4.548 [25] являются действующими нормативными документами, регламентирующими микроклимат производственной среды.

В формовочном цехе рабочие выполняют физические работы средней тяжести (категория II) – виды деятельности с расходом энергии в пределах 151...250 ккал/ч (175...290 Вт). К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (чистка форм, изготовление арматурных изделий и укладка их в формы).

Абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в таблице 1 для II категории работ.

Относительная влажность менее 25 % также неблагоприятна для человека, так как приводит к высыханию слизистых оболочек и снижению защитной деятельности мерцательного эпителия верхних дыхательных путей.

Кроме того, при обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 °С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать 5 °С;
- допустимые величины теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.), должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 17.

Таблица 17 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений для работ II категории.

Период года	Категория работ	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с		
		Оптимальная	Допустимая				Оптимальная	Допустимая на рабочих местах постоян. и непостоян., не более	Оптимальная, не более	Допустимая на рабочих местах постоян. и непостоян.
			верхняя граница		нижняя граница					
			на рабочих местах							
постоянная	непостоянная	постоянная	непостоянная							
Холодный	Средней тяжести – Па	18–20	23	24	17	15	40–60	75	0,2	Не более 0,3
	Средней тяжести – Пб	17–19	21	23	15	13	40–60	75	0,2	Не более 0,4
Теплый	Средней тяжести – Па	21–23	27	29	18	17	40–60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2– 0,4
	Средней тяжести – Пб	20–22	27	29	16	15	40–60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2–0,5

Таблица 18 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
50 и более	35
25–50	70
Не более 25	100

Для защиты работников от неблагоприятных метеорологических условий при низких температурах окружающей среды применяются средства индивидуальной и коллективной защиты. В качестве средств индивидуальной защиты предусмотрена спецодежда облегченного и утепленного вида.

Для улучшения условий труда в цехе предусмотрена система вентиляции вытяжного типа, для обогрева цеха применяются инфракрасные обогреватели.

## 10.2 Освещение

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность. Нормирование производственного освещения ведется по СНиП 23-05 [26].

Разряд зрительной работы в цехе относится к VI категории зрительных работ – грубая (очень малой точности), наименьший или эквивалентный размер объекта различения 5 мм.

Требования к освещению помещений промышленных предприятий следует принимать по таблице 19.

Таблица 19 – Требования к освещению помещений

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Искусственное освещение			Естественное освещение	Совмещенное освещение	
			Освещенность при системе общего освещения, лк	Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации			КЕО, $e_n$ , %	
				Р	Кп, %	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	200	40	20	1	1,8	0,6

В цехе имеется искусственное и естественное освещение.

Естественное освещение осуществляется через световые проемы в стенах здания (боковое освещение), также применяют комбинированное освещение. Искусственное освещение необходимо в ночное время, а также в местах со слабой освещенностью. Для общего освещения рабочих помещений применяют лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Аварийное освещение предусмотрено на случай аварий, при котором наименьшая освещенность рабочих поверхностей составляет 5% от нормируемой освещенности. Охранное освещение применяется в ночное время работы с целью охраны территорий.

Комбинированное освещение используется для повышения равномерности освещения больших цехов осуществляется. Равномерному распределению яркостей в поле зрения работающего способствует светлая окраска стен и оборудования.

### 10.3 Уровень шума

Под шумом понимают различные звуки, которые мешают нормальной деятельности человека и вызывают неприятные ощущения. Звук представляет собой колебательное движение упругой среды, воспринимаемое человеческим органом слуха.

Шум возникает в результате движения кранов и другого производственного оборудования. Механический шум возникает в результате движения элементов с переменным ускорением, соударение деталей, трение.

Шум неблагоприятно воздействует на человека. Продолжительное действие сильного шума на организм вызывает общее утомление, головную боль, повышение кровяного давления, снижение остроты слуха, ослабление внимания, некоторого нарушения координации движения и снижение работоспособности. Под влиянием сильного шума становится трудно разговаривать, появляются болевые ощущения, шум оказывает нагрузку на нервную систему.

Ограничение звуковой энергии, которая воздействует на человека в течение рабочей смены, является основой нормирования. Значения должны быть безопасными для здоровья человека и его работоспособности. Нормирование учиты-

вает различие биологической опасности шума в зависимости от спектрального состава и временных характеристик и производится в соответствии с ГОСТ 12.1.003 [27].

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах указаны в таблице 20.

Таблица 20 – Допустимые уровни звукового давления

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для борьбы с механическим шумом используют смазочные и прокладочные материалы. Коллективным методом защиты от шума являются звукопоглощающие облицовки, перегородки, кожухи. Индивидуальным методом защиты являются вкладыши, наушники, если уровень звука составляет 20-40 дБ, шлемофоны, если уровень звука превышает 120 дБ, ГОСТ 12.4.011 [28].

#### 10.4 Уровень вибрации

Вибрация представляет собой механическое колебательное движение, простейшим видом которого является гармоническое колебание. Основными источниками вибрации на производстве являются виброустановка для уплотнения бетонной смеси в форме, а также бетоноукладчик.



При работе машин и механизмов возникают низкочастотные вибрации и шумы, которые появляются из-за инерционных сил, сил трения, периодических рабочих нагрузок. Высокочастотные вибрации и шумы возникают в результате ударов из-за наличия зазоров в соединениях механизмов, ударов в зубчатых и цепных передачах, соударения в подшипниках качения.

ГОСТ 12.1.012–2004 [29] и СН 2.2.4/2.1.8.566–96 [30] определяют классификацию, гигиенические нормы вибрации и требования к вибрационным характеристикам производственного оборудования.

Значения вибрации для данных рабочих мест не должны превышать значений, указанных в таблице и таблице 21.

Таблица 21 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории II – транспортно-технологической

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_0$ , $Y_0, Z_0$			
	виброускорения		Виброскорости	
	$м \cdot с^{-2}$	дБ	$м \cdot с^{-1} \cdot 10^{-2}$	дБ
Корректированные и эквивалентные значения и их уровни	0,28	109	0,56	101

Категория вибрации 3«а» – граница снижения производительности труда, а именно, технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин и оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Таблица 22 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории III – технологической типа «А»

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_0$ , $Y_0, Z_0$			
	виброускорения		виброскорости	
	$м \cdot с^{-2}$	дБ	$м \cdot с^{-1} \cdot 10^{-2}$	дБ
Корректированные и эквивалентные значения и их уровни	0,10	100	0,20	92

Защита от вибрации обеспечивается:

- системой технических, технологических и организационных решений и мероприятий по созданию машин и оборудования с низкой вибрационной активностью;
- системой проектных и технологических решений производственных процессов и элементов производственной среды, снижающих вибрационную нагрузку на работника;
- системой организации труда и профилактических мероприятий, ослабляющих неблагоприятное воздействие вибрации на человека.

Устранение контакта с вибрирующим оборудованием является наиболее действенным средством защиты человека от вибрации. Этого можно достичь путем применения дистанционного управления, методов автоматизации или замены технологических операций. Для защиты работников применяют средства индивидуальной защиты: рук оператора (рукавицы, перчатки), ног оператора (спецобувь).

### 10.5 Электробезопасность

Помещение формовочного цеха по электроопасности относится ко 2 классу электроопасности – помещения с повышенной опасностью, возможность одновременного прикосновения к электрооборудованию и металлическим конструкциям здания, имеющим соединение с землёй.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 23.

Таблица 23 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	$U$ , В	$I$ , мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

ГОСТ Р 12.1.019–2009 [31] описывает конструктивные меры защиты по электробезопасности: зануление, заземление, защитное отключение, применение малых напряжений, контроль изоляции и другие.

Во время эксплуатации установки необходимо соблюдать общие правила электробезопасности:

- не включать в сеть неисправные электротехнические изделия;
- не прикасаться одновременно к электроагрегатам установки и к устройствам с естественным заземлением;
- не эксплуатировать установку при обнаруженных неисправностях;
- отключать установку на время профилактических работ, устранения неисправностей.

К работе с электрооборудованием допускаются только те лица, которые имеют соответствующую квалификацию, а также прошедшие специальное обучение правилам электробезопасности.

#### 10.6 Пожаробезопасность

Согласно НПБ 105–03 [32], категория производства по взрывопожарной и пожарной опасности – Д, негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Общие требования к пожарной безопасности соответствуют ГН 2.2.5.3532–2018 [34]. Противопожарная защита должна достигаться применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники: огнетушителей, пожарного инвентаря.

Источниками пожара на производстве могут быть поврежденная изоляция или замыкание на корпус. В качестве первичных средств используются ОП–4 (твердые вещества, жидкие вещества, газообразные вещества), ОУ–4 (для тушения пожаров горючих жидкостей, пожаров газообразных веществ, а также пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением не более 10000 В).

На предприятии организовано обучение всех рабочих и служащих правилами пожарной безопасности и действиям на случай возникновения пожара. Лица, не прошедшие инструктаж о соблюдении мер пожарной безопасности, к работе не допускаются. Каждый работающий на предприятии обязан выполнять требования

«Правил пожарной безопасности», а также принимать меры к устранению выявленных противопожарных нарушений и ликвидации возникших загораний и пожаров. В качестве противопожарной защиты на заводе имеются датчики огня, огнетушители, пожарные гидранты, пожарные рукава.

#### 10.7 Химические опасные и вредные производственные факторы

На предприятии, производственная деятельность которого связана с вредными веществами, должны быть:

- разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ;
- выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

В производственном цехе проводятся работы, связанные с применением вредных веществ (поронет, пыль), которые относятся к III классу опасности. Для смазки форм применяется смазка «Поронет» представляющая собой эмульсию минеральных масел в воде. Предельно-допустимые концентрации регламентируются ГН 2.2.5.3532–2018 [34].

Таблица 24 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Название	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности
Масла минеральные нефтяные	5	жидкое	3

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций – максимально разовых рабочей зоны и среднесменных рабочей зоны.

Периодичность контроля устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для III и IV классов – не реже 1 раза в квартал.

Предельно допустимая концентрация цемента в воздухе рабочей зоны должна составлять не более 5 мг/м<sup>3</sup>; паров смазки для форм не более 9 мг/м<sup>3</sup>.

Для нейтрализации вредного воздействия этих веществ в цехе предусматривают системы вытяжной вентиляции.

Удаление воздуха из помещений системами вентиляции предусматривают из зон, в которых воздух наиболее загрязнен или имеет наиболее высокую температуру или энтальпию. При выделении пыли и аэрозолей удаление воздуха системами общеобменной вентиляции предусматривают из нижней зоны. Загрязненный воздух не направляют через зону дыхания людей в местах их постоянного пребывания.

Приемные устройства рециркуляционного воздуха размещают, как правило, в рабочей или обслуживаемой зоне помещения. В цехе предусматривают общеобменную проточно-вытяжную и естественную вентиляцию.

#### 10.8 Охрана окружающей среды

Предприятие ООО “Бетотек” относится к III классу по санитарной классификации предприятий – санитарно-защитная зона 300 м. Обязательным элементом любого объекта, который является источником воздействия на среду обитания и здоровье человека, является санитарно-защитная зона, которая должна быть озеленена. Зелень служит барьером, который защищает от пыли, дыма, газов и т.д.

Комплекс мероприятий по ограничению вредных выбросов и отходов производства железобетонных изделий и последующей утилизацией отходов, в настоящее время является одним из главных направлений защиты окружающей среды от вредных воздействий. Суть этого комплекса состоит в организации улавливания и очистке выбросов в окружающую среду. Применение системы водоснабжения с замкнутым циклом, станции биологической, физико-химической очистки сточных вод и газопылеулавливающие установки, предназначенные для утилизации отходов производства, служащие для получения готовой продукции из этих веществ. Предприятие несет дисциплинарную и административную ответственность за несоблюдение требований по охране окружающей среды.

Таблица 25 – Перечень образующихся отходов

Наименование отходов	Опасные свойства отхода	Класс отхода	Количество, т (м <sup>3</sup> )
Отработанные люминесцентные лампы	Токсичность	1	0,0332
Масла моторные отработанные	Пожароопасность	3	0,1888
Обтирочный материал, загрязненный маслами с содержанием более 15%	Токсичность, пожароопасность	3	0,0643
Итого 3 класса			0,2531
Смет с территории	Экотоксичность	4	0,5
Мусор от бытовых помещений организаций несортированный	Экотоксичность	4	17,5
Итого 4 класса			18,0
Текстиль загрязненный	Экотоксичность	5	0,459
Отходы бетона в кусковой форме	Экотоксичность	5	400
Отходы упаковки	Экотоксичность	5	1,25
Лом чёрных цветных металлов несортированный	Экотоксичность	5	17,4377
Итого 5 класса			419,15

Таблица 26 – Сбросы вредных веществ в атмосферный воздух стационарными объектами

Наименование вещества	Ед. изм.	Предельно допустимый выброс	Фактический сброс вредного вещества
Пыль неорганическая SiO <sub>2</sub>	т.	3,04	3,04
Пыль полиэтиленовая	т.	0,005	0,005

Окончание таблицы 26

Наименование вещества	Ед. изм.	Предельно допустимый выброс	Фактический сброс вредного вещества
Пыль абразивная	т.	0,0031	0,0031
Оксид углерода	т.	1,7189	1,7189

Техническая вода на предприятии имеет замкнутую систему, и внутриводскую систему очистки. Отработанная вода стекает по уклону пола в канал, а из него в отстойник. Ввиду незначительного расхода воды и небольшого уклона полов, взвешенные частицы большей частью оседают до отстойника, и их нужно регулярно собирать в специальные контейнеры для отходов.

При резке изделий в зоне реза образуются мелкие частицы, которые смываются охлажденной водой и частично оседают на полу дорожек, частично попадают с водой в отстойник. При выполнении рекомендаций по смазке формирующих поверхностей, после съема готовых изделий масла на установках практически не остается, и поэтому специальные маслоуловители не требуются.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа существующих заводов с различными способами производства объемных шахт лифтов и существующей технологии по изготовлению панелей шахт лифтов на предприятии ООО «Бетотек», предложено совершенствование производства – стендовая технология объемных шахт лифтов в термоформе с обогреваемыми подвижными наружными бортами и обогреваемы сердечником.

Представлена характеристика механического оборудования и составлена ведомость, для бетоноукладчика проведен расчет производительности, длительности цикла формования и мощности.

В организации производства описан технологический процесс, изображена организационно-технологическая схема производства объемных шахт лифта, рассчитана годовая производительность станда – 10066,3 м<sup>3</sup>, коэффициент оборачиваемости станда в сутки – 1,8. При оптимизации производства при заданном ритме выпуска изделий средняя интенсивность потребления трудовых ресурсов – 3 человека, трудоемкость – 96 чел.\*мин., при этом максимальное число рабочих одновременно занятых на выполнении операций – 4 человека, потери труда из-за неравномерного и неполного использования трудовых ресурсов – 32 чел.\*мин. Уровни механизации и автоматизации составили – 50% и 30% соответственно.

Описаны процессы, протекающие при тепловой обработке, обоснован способ и режим тепловой обработки – прогрев в термоформе с применением водяного пара. Режим тепловой обработки состоит из предварительной выдержки изделия в течение 1 часа, нагрева и поднятия температуры – 3,5 часа, изотермической выдержки – 5,5 часов и охлаждения в течение 2 часов, общая продолжительность составляет 12 часов. В период поднятия температуры поступающее тепло в камеру составляет 848,84 МДж/м<sup>3</sup>, удельный расход пара – 367,69 кг. В период изотермического выдерживания поступающее тепло в камеру составляет 272,84 МДж/м<sup>3</sup>, удельный расход пара – 118,18 кг.

Для автоматизации процесса тепловой обработки описаны технологические параметры, подлежащие контролю и регулированию. Приведено описание работы регуляторов, измерителей, приборов управления, трубопроводов, преобразовате-



лей, вентиляей, звуковой и световой сигнализаций на функциональной схеме автоматизации термоформы.

Чтобы оценить эффективность принятых решений проведены расчеты технико-экономических показателей, которые для удобства расчета выполнены в ценах 1985 года:

- годовая выработка на одного рабочего – 266,6 м<sup>3</sup>/чел;
- заработная плата рабочего – 5,9 руб. /м<sup>3</sup>;
- себестоимость изделий – 114,57 руб. /м<sup>3</sup>;
- цена изделий – 140 руб. /м<sup>3</sup>;
- годовая прибыль – 27116 руб.;
- стоимость капитальных вложений в оборудование – 42688 руб.;
- срок окупаемости капитальных вложений – 1,6 лет.

Описаны правила безопасности, направленные на защиту работающих от воздействия предметов и средств труда, и мероприятия, направленные на облегчение условий труда, облегчение безопасных условий труда, устраняющих причины, вызывающие травматизм и профессиональные заболевания.

Графическая часть содержит:

- генеральный план предприятия;
- план формовочного цеха №2 и склада готовой продукции;
- технологическую карту на средний объемный блок шахты лифта;
- вибробетонукладчик;
- оптимизированный график технологических процессов и циклограмму работ кранов;
- теплотехническую схему термоформы;
- функциональную схему автоматизации тепловой обработки термоформы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 17538–2016. Конструкции и изделия железобетонные для шахт лифтов жилых зданий. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.
2. ГОСТ 17538–82. Конструкции и изделия железобетонные для шахт лифтов жилых зданий. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 18 с.
3. ГОСТ 23009–78. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Условные обозначения (марки). – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – с.
4. ГОСТ 18105–2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. – М.: Стандартинформ, 2012. – 21 с.
5. ГОСТ 13015.0–83. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Общие технические требования. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 12 с.
6. ГОСТ 26633–2012. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 22 с.
7. ГОСТ 25820–2000. Бетоны легкие. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2008. – 24 с.
8. ГОСТ 13015–2012. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 37 с.
9. ГОСТ 10922–2012. Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязанные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 63 с.
10. ГОСТ 23279–2012. Сетки арматурные сварные для железобетонных конструкций и изделий. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
11. ГОСТ 5781–82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009. – 24 с.

12. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2018. – 37 с.
13. ГОСТ 17624–2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – М.: Стандартинформ, 2014. – 22 с.
14. ГОСТ 22690–88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – М.: Стандартинформ, 2010. – 31 с.
15. ГОСТ 10060–2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости. – М.: Стандартинформ, 2018. – 24 с.
16. ГОСТ 12730.0–78. Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости. – М.: Стандартинформ, 2007. – 4 с.
17. ГОСТ 12730.1–78. Бетоны. Методы определения плотности. – М.: Стандартинформ, 2018. – 9 с.
18. ГОСТ 17623–87. Бетоны. Радиоизотопный метод определения средней плотности. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 13 с.
19. ГОСТ 23858–79. Соединения сварные стыковые и тавровые арматуры железобетонных конструкций. Ультразвуковые методы контроля качества. Правила приемки. – М.: Издательство стандартов, 1995. – 24 с.
20. ГОСТ 17625–83. Конструкция и изделия железобетонные. Радиационный метод определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 15 с.
21. ГОСТ 22904–93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 16 с.
22. ГОСТ 26433.0–85. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2005. – 25 с.
23. ГОСТ 12.0.003–74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1976. – 10 с.

24. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартинформ, 1989. – 107 с.

25. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 52 с.

26. СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Стандартинформ, 1996. – 71 с.

27. ГОСТ 12.1.003–2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2015. – 50 с.

28. ГОСТ 12.4.011–89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1990. – 20 с.

29. ГОСТ 12.1.012–2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2005. – 32 с.

30. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы. – М.: Информационно-издательский центр, 1997. – 37 с.

31. ГОСТ Р 12.1.019–2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартинформ, 2010. – 34 с.

32. НПБ 105–03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 57 с.

33. ГОСТ 12.1.004–91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 1992. – 24 с.

34. ГН 2.2.5.3532–2018. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Издательство стандартов, 2018. – 105 с.

35. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Стандартинформ, 2004. – 51 с.

36. ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 1994. – 21 с.

37. ГОСТ 23732–2011. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012. – 21 с.

38. ГОСТ 8736–14. Песок для строительных работ. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 19 с.

39. Пособие по тепловой обработке сборных железобетонных конструкций и изделий к СНиП 3.09.01–85. – М.: Стройиздат, 1989. – 47 с.

40. ГОСТ 34017–2016. Краны грузоподъемные. Классификация режимов работы. – М.: Стандартинформ, 2017. – 25 с.

41. ГОСТ 19425–74. Балки двутавровые и швеллеры стальные специальные. Сортамент. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.

42. ГОСТ 21.404–85. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 35 с.

43. ОНТП 07–85. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона

44. Рекомендации по технико-экономической оценке способов изготовления железобетонных конструкций и изделий. – М.: НИИЖБ, 1988. – 197 с.

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

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

47. ГОСТ 31108–2016. Цементы общестроительные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 21 с.

48. Абызов, В.А. Автоматика и автоматизация производственных процессов: Учебное пособие для самостоятельной работы / В.А. Абызов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 20 с.

49. Абызов, В.А. Автоматика и автоматизация производственных процессов: методические указания к курсовой работе / В.А. Абызов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 20 с.

50. Трофимов, Б.Я. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебное пособие / Б.Я. Трофимов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. – 96 с.

51. Агаева, Л.К. Инвестиционная деятельность предприятия: учебное пособие / Л.К. Агаева, В.Ю. Анисимова. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2018 – 76 с.

52. Манухин, С.Б. Устройство, техническое обслуживание и ремонт лифтов: учебник для нач. проф. образования / С. Б. Манухин, И. К. Нелидов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

53. Шляхтина, Т.Ф. Технологические особенности изготовления железобетонных конструкций для жилищного и гражданского строительства: учебное пособие / Т.Ф. Шляхтина. – Братск: БрГУ, 2010. – 129 с.

54. Бауман, В.А. Строительные машины: справочник. Том 2. /В.А. Бауман. – М.: Машиностроение, 1977. – 496с.

55. Погорелов, С. Н. Организация предприятий строительной индустрии: Учебное пособие для самостоятельной работы студентов / Погорелов С. Н., Бутакова М. Д. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 32 с.

56. Морозова Н.Н. Установки периодического действия для тепловлажностной обработки строительных изделий и конструкций: Учебное пособие / Н.Н. Морозова. – Казань: КГАСУ, 2011. – 96 с.

57. Марьямов, Н.В. Тепловая обработка изделий на заводах сборного железобетона / Н.В. Марьямов. – Москва: Стройиздат, 1970. – 266 с.

58. Кучеренко, А.А. Тепловые установки заводов сборного железобетона. Проектирование и примеры расчета / А.А. Кучеренко. – Киев: Вища Школа, 1977. – 280 с.

59. Кокшарев, В.Н. Тепловые установки / В.Н. Кокшарев. – Москва: Высшая школа, 1990. – 346 с.

60. Завод «Бетотек» производство железобетонных изделий, колонн, цокольных панелей, Челябинск. – <http://betotek.ru/> .

61. АО «Катавский цемент». – <https://www.eurocement.ru/cntnt/rus/production3/zavody1/rossiya/inform/informaciya34.html> .

62. Новосмолинский карьер. – [https://северснабкомплект.рф/shheben/karer\\_4/](https://северснабкомплект.рф/shheben/karer_4/)

63. Песок месторождения Хлебород. – <http://pesok74.ru/> .

64. Кран-балки подвесные. – <https://uralkrandetal.com/kran-balki> .

65. Тали электрические. – [https://eme54.ru/catalog/tali\\_elektricheskie\\_kanatnye](https://eme54.ru/catalog/tali_elektricheskie_kanatnye).

66. Грузоподъемная траверса. – <https://грузоподъем.рф>.

67. Кран мостовой. – <http://уралкранзавод.рф>.

68. Кюбель адресной подачи. – <https://kip-group.com/catalog>.

69. Elematic precast technology. – <https://www.elematic.com/ru>.

70. Пневматический навесной вибратор. – <http://vibromotors.ru/catalog>.

71. Скребок пневматический КРТ-115. – <https://kip-expert.by>.

72. Распылитель GLORIA 505 T Profiline. – <https://stroitech.by> .

73. ПБС – Производство металлоформ и оборудования для ЖБИ. – <http://pbsspb.com/> .