

Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации

Кафедра автоматизации и управления

Усенов Хасан Муратжанович

Автоматизация процесса изготовления железобетонных изделий

## **ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В070200 - Автоматизация и управление


Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации

Кафедра автоматизации и управления

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой АиУ  
докт. техн. наук, профессор  
 Сулейменов Б. А.  
«31» Мая 2020 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Автоматизация процесса изготовления железобетонных изделий»

по специальности: 5В070200 - Автоматизация и управление

Выполнил: Усенов Х.М.

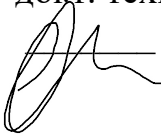
Научный руководитель  
канд. техн. наук,  
ассоциированный профессор

 Ибраев А.Х.  
(подпись)

«31» мая 2020 г.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**  
**НАО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»**  
Институт промышленной автоматизации и цифровизации  
Кафедра «Автоматизация и управление»  
Специальность 6В070200 «Автоматизация и управление»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой АиУ  
докт. техн. наук, профессор  
 Сулейменов Б. А.  
«31» Мая 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение дипломной работы  
студенту Усенову Хасану Муратжановичу

1 Тема выпускной работы «Автоматизация процесса изготовления железобетонных изделий».

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

2 Срок сдачи законченной работы - "31" Мая 2020 г.

3 Исходные данные к работе - материалы практики, проектная и эксплуатационная документация технологического процесса и системы автоматизации, отчеты по научно-исследовательской работе, научно-техническая литература и каталоги технических средств автоматизации и управления.

4 Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое его содержание:



Введение, с обоснование актуальности темы дипломного проекта; аннотации проекта (на трех языках);

Характеристика технологического комплекса (ТК) как объекта автоматизации. Общая схема переработки сырья и выпуска продукции; описание процессов изготовления железобетонных изделий; описание БСУ.

Разработка системы автоматизации. Задачи создания системы автоматизации, общая постановка задачи управления; определение требований к системе автоматизации; математическая постановка задачи; решение отдельных вопросов математического описания, алгоритмизации и моделирования объекта и системы управления; описание схемы автоматизации, обоснование выбора технических средств, контроллеров и ЭВМ (структурной схемы КТС).

5 Рекомендуемая основная литература: Проектирование систем контроля и автоматического регулирования .... Пособие по курсовому и дипломному проектированию /Под ред. Г.М.Глинкова/. -М.: Металлургия, 1986.352 с.; Емельянов В. И., Капник О.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов.




6 Консультации по дипломной работе, с указанием относящихся к ним разделов работе работы и сроков выдачи заданий

Раздел	Консультант (ФИО, уч. степень, звание)	Сроки	Подпись
Характеристика ТК кА ОУ	Ибраев А.Х., к.т.н., ассоц. проф.		
Разработка СА	Ибраев А.Х., к.т.н., ассоц. проф.		

### 7 График подготовки дипломной работы


Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Характеристика ТК ОУ	1 марта 2020 г.	
Разработка СА	19 марта 2020 г.	

8 Оформление работы (подписи консультантов и нормоконтролера на завершение работы, с указанием относящихся к ним разделов проекта)

Раздел	Консультант (ФИО, уч. степень, звание)	Дата	Подпись
Характеристика ТК ОУ	Ибраев А.Х., к.т.н., ассоц. проф.	18.05.2020	
Разработка СА	Ибраев А.Х., к.т.н., ассоц. проф.	18.05.2020	
Нормоконтролер	Сарсенбаев Н.С., к.т.н., ассис-тент-профессора		

Дата выдачи задания «29» Января 2020 г.

Руководитель работы  Ибраев А.Х.  
(подпись)

Задание принял к исполнению, студент  Усенов Х.М.  
(подпись)

## АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста темір-бетон бұйымдарын дайындау тәсілдері қарастырылады.

Жұмыстың мақсаты темір бетонды бұйымдар өндірісіндегі негізгі элементтердің бірі ретінде бетон араластырғыш зауытты автоматтандыру жүйесін әзірлеу болып табылады.

Автоматтандыру жүйесінің міндеттері:

- порциялық араластырғыштарда оларды дайындаудың автоматтандырылған процестерін теориялық зерттеу негізінде бетон қоспаларын өндіру тиімділігі мен сапасын арттыру;

- жүйенің ұтымды құрылымын әзірлеу.

Дипломдық жобаның бірінші бөлімінде темір-бетон бұйымдарын өндіру технологиясы, олардың әрқайсысының түрлері мен негізгі элементтері қарастырылады, сонымен қатар бетон араластырғыш қондырғылар.

Екінші тарауда біз бетон араластыру зауытының жұмысын автоматтандыру жүйесін құрамыз, БГУ-ді оптимальды басқару мәселесін математикалық түрде тұжырымдаймыз, басқару алгоритмін құрамыз және қолданыстағы Scada Citect жүйесін қарастырамыз.

Қорытындыда атқарылған жұмыстың қорытындысы шығарылады.

## АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе будут рассмотрены методы изготовления железобетонных изделий.

Целью работы является разработка автоматизации работы бетоносмесительного цеха, как одного из ключевых элементов в производстве железобетонных изделий.

Задачи системы создания автоматизации:

- повышение эффективности производства и качества бетонных смесей на основе теоретических исследований автоматизированных процессов их приготовления в смесителях циклического действия;
- разработка рациональной структуры системы.

В первой главе дипломного проекта будет рассматриваться технология производства железобетонных изделий, виды и основные элементы каждого из них, а также бетоносмесительные установки

Во второй главе будет произведена разработка системы автоматизации работы бетоносмесительного цеха, математическая постановка задачи оптимального управления БСУ, разработка алгоритма управления и произведено рассмотрение существующей Scada системы Citect.

В заключении подводится итог проделанной работы.

## ANNOTATION

In this graduate thesis we will consider methods of manufacturing reinforced concrete products.

The aim of the work is to develop automation of the concrete mixing plant as one of the key elements in the production of reinforced concrete products.

Tasks of the automation creation system are the following:

- improving the production efficiency and quality of concrete mixtures based on theoretical studies of automated processes for their manufacturing in batch mixers.

- development of a rational system structure.

The first chapter of the diploma project we will consider the technology of production of reinforced concrete products types and basic elements of each of them, as well as concrete mixing plants.

In the second chapter, we will develop a system for automating the work of a concrete mixing plant, mathematically formulate the problem of optimal control of a co, develop a control algorithm, and examine the existing Scada Citect system.

The conclusion summarizes the work done.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТК КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ .....	10
1.1 Описание процессов изготовления железобетонных изделий.....	10
1.1.1 Агрегатно-поточный способ изготовления железобетонных изделий .....	10
1.1.2 Конвейерный способ изготовления железобетонных изделий .....	13
1.1.3 Стендовый способ изготовления железобетонных изделий.....	15
1.2 Бетоносмесительные установки .....	16
1.2.1 Дозирование бетонных смесей .....	17
1.2.2 Перемешивание бетонной смеси .....	18
2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНОГО ЦЕХА.....	19
2.1 Задачи создания системы автоматизации .....	19
2.1.1 Дозирование ингредиентов как объект автоматизации .....	19
2.1.2 Смешивание ингредиентов как объект автоматизации.....	19
2.3 Математическая постановка задачи оптимального управления БСУ ...	23
2.3.1 Математическая модель процесса дозирования .....	23
2.3.2 Математическая модель для расчета оптимального соотношения составляющих бетонной смеси .....	24
2.4 Разработка алгоритма управления .....	25
2.4.1 Описание алгоритма.....	26
2.3 Выбор технических средств автоматизации .....	29
2.4 Перечень входных, выходных и возмущающих переменных .....	29
2.5 Разработка структурной схемы и схемы автоматизации объекта исследования .....	31
2.5.1 Описание схемы автоматизации.....	31
2.5.2 SCADA Citect.....	36
2.6 Контроллеры фирмы Siemens .....	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	41



## ВВЕДЕНИЕ

В современное время пользуются популярностью конструкции и изделия предназначенные для различного назначения. Один из популярных конструкций является сборные железобетонные изделия.

В данной дипломной работе рассмотрены методы производства железобетонных изделий. Изготовление железобетонных изделий включает в себя следующие:

- армирование;
- прием и маркирование колон;
- распалубка форм;
- приготовление, дозирование и транспортировка бетонной смеси в смесительный цех;
- чистка и смазка форм;
- отправление готовых железобетонных изделий на склад.

В первой главе дипломного проекта была характеристика ТК как объекта автоматизации, описаны три способа производства, также приведены схемы технологического процесса производства железобетонных изделий. Был произведен технологический расчёт, определяющий годовую выработку линии, были произведены вычисления содержания бетонной смеси для получения наибольшей прочности.

Во второй главе в соответствии с заданием рассмотрены вопросы разработки структурно-алгоритмической части система автоматизации бетоносмесительного цеха, приведены постановка задачи и описание алгоритма управления. Также были рассмотрены технические средства автоматизации, которые были задействованы в разработке системы автоматизации бетоносмесительного цеха.

В заключении приводятся результаты выполненной работы.

# **1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТК КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ**

## **1.1 Описание процессов изготовления железобетонных изделий**

Технологический процесс производства сборных бетонных и железобетонных изделий состоит из ряда самостоятельных действий, объединяемых в отдельные процессы.

Процесс подразделяют на основные, транспортные и дополнительные. К основным относятся изготовление бетонной смеси, формование деталей, армирование и т. д.

К транспортным относятся перемещение по производству материалов, полуфабрикатов и деталей без изменений их форм и состояний.

Дополнительный процесс – это подача и получение воды, энергии, воздуха и контроль качества выпускаемой продукции.

Технологический процесс характеризуется следующими составляющими: операции, их содержание и время протекания, трудоемкость, необходимые средства для проведения. Таким образом образуется организационная структура комплекса. В производстве железобетонных изделий важное значение имеют операции армирования, дозирования, формования и приготовления бетонной смеси, характеристики которых определяют эффективность технологических линий.

### **1.1.1 Агрегатно-поточный способ изготовления железобетонных изделий**

Агрегатный способ имеет разделение комплекса на самостоятельные группы и процессы. В агрегатном способе перемещение изделий производится от одного поста к другому последовательно.

Формование деталей в агрегатном технологическом способе производится на специальных установках (агрегатах), состоит он из оборудования для распределения бетонной смеси, оборудования укладки формы и оборудования для распределения смеси. Производство агрегатной технологической линии определяется продолжительностью цикла формирования изделий, который находится в интервале 10 – 20 мин.

Формы, предназначены для изготовления изделий, должны обладать повышенной жесткостью. После натяжения арматуры на форму длиной 6 м прогиб в середине формы должен быть не больше четырех мм.

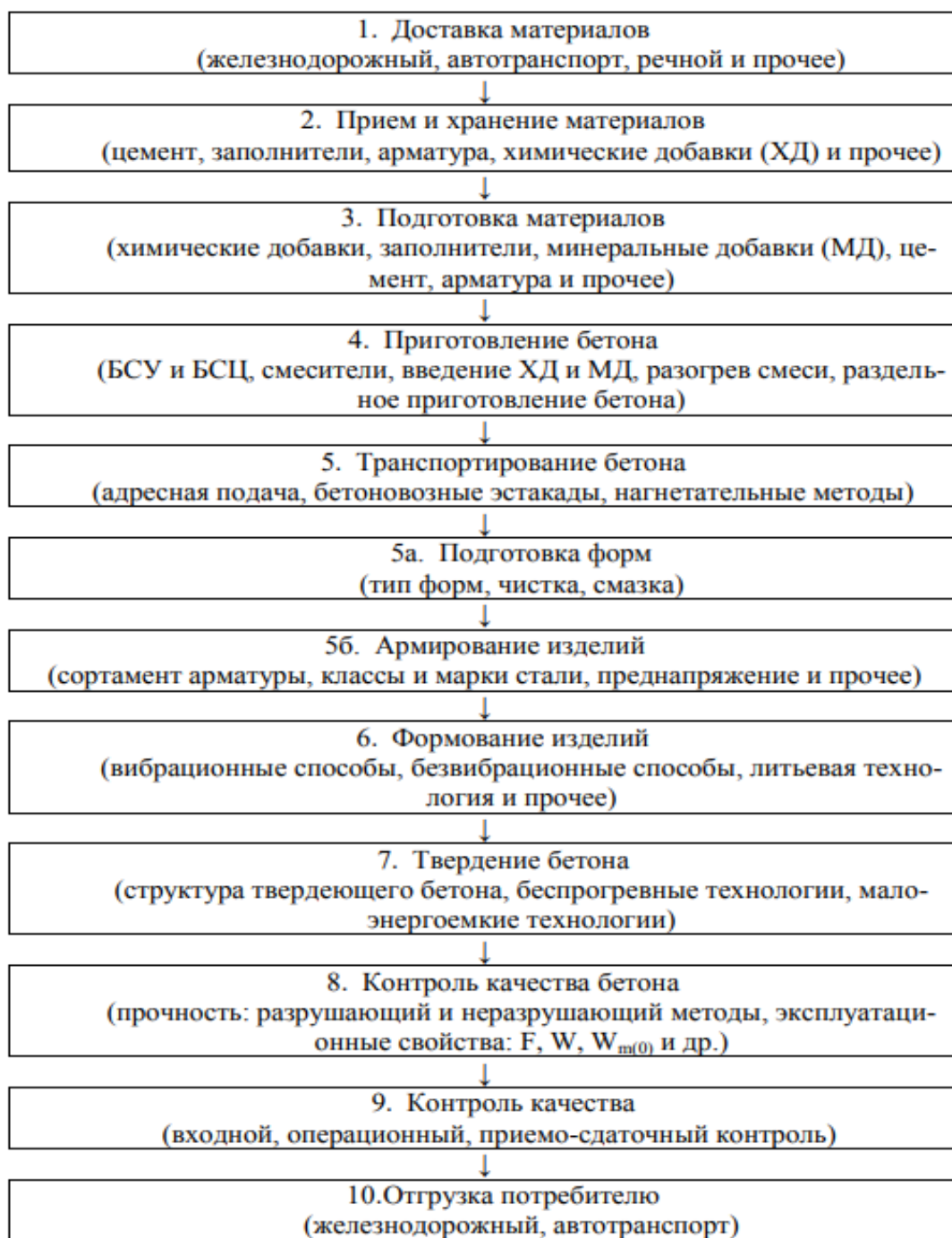


Рисунок 1.1 - Принципиальная технологическая схема производства железобетонных изделий

Агрегатный способ отличается тем, что продукция и формования останавливаются не на всей протяженности производственной линии, только там, где, необходимом для этого случая. Агрегатный способ производства характеризуется возможностью присоединения к производственной линии изделий, которые отличаются не только размерами, но и по конструкции.

Межоперационная транспортировка продуктов по таким линиям осуществляется с помощью подъемных и других, и транспортных средств. Удобно осуществлять перемещение между платформами с помощью

подкатных мостов. Для идеального решения может использоваться док левеллер.

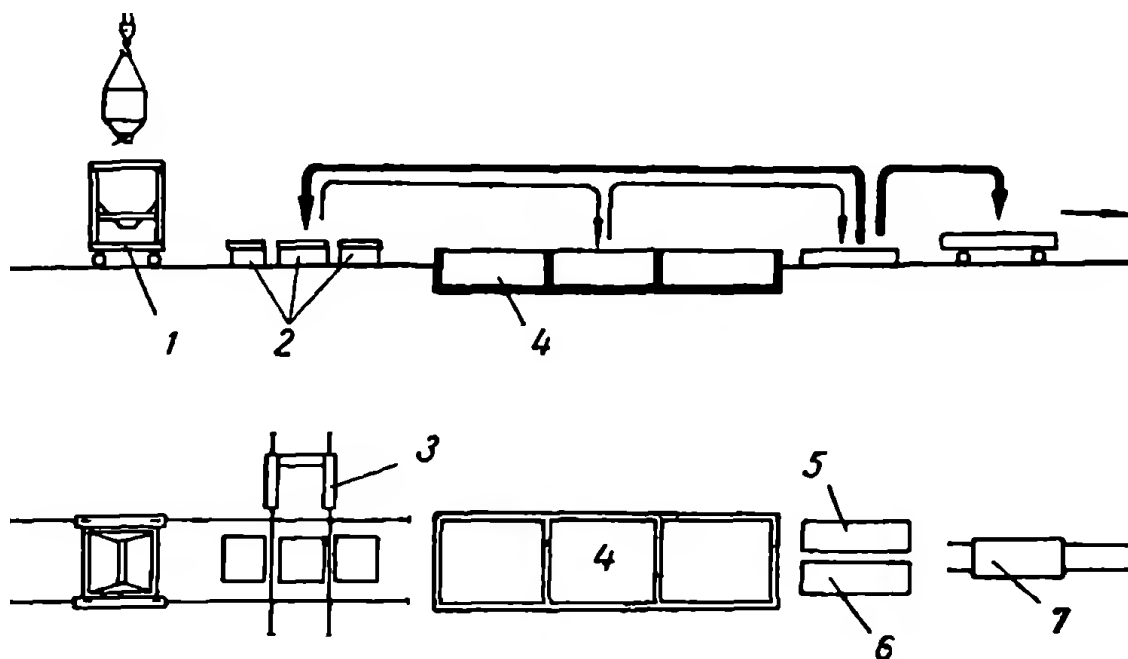


Рисунок 1.2 - Схема организации агрегатного производства

- где 1- бетоноукладчик;  
2-виброплощадка секционная;  
3-тележка самоходная - формоукладчик;  
4-камера твердения;  
5-пост распалубки;  
6-пост подготовки форм;  
7-тележка самоходная;

Малый объем секции камеры делает возможность затратить минимальное время на выгрузку и загрузку продукции. Большой объем секций обеспечивают условия для постоянной доставки готовой продукции в камеру твердения.

Главные условия поточного технологического процесса являются:

- а) разделение процесса изготовления на циклы, делающие на разных местах;
- б) синхронное или одинаковое время на завершение каждого цикла;
- в) передвижение детали по специальным постам сразу же после завершения операции;
- г) специальные места находящиеся в последовательном порядке выполнения каждой операции.

В агрегатном способе производства изготавливаются фундаментные блоки, сваи, ригели, несколько пустотелых пластин, одиночные полые балки и сваи. Полые секции также сформированы на столбах с полыми сердечниками, которые оснащены вибромеханизмом. Герметичные и безнапорные

трубы, пустотелые колонны, дренажи, опоры для передачи энергии и освещение - на роликовых и ленточных центрифугах в съемных и цельных пресс-формах. На специальном оборудовании с виброгидропрессованием формируются напорные трубы. Панели наружных стен, экраны лоджий и ступени лестниц отлиты в стальных и неметаллических формах.

### 1.1.2 Конвейерный способ изготовления железобетонных изделий

В поточном и конвейерном технологиях изготовления разделяется на циклы, они могут разово выполняться в специальных местах. Детали во время изготовления передвигают в конвейере от места к месту. Эти места обслуживают прикрепленным к ним звеном.

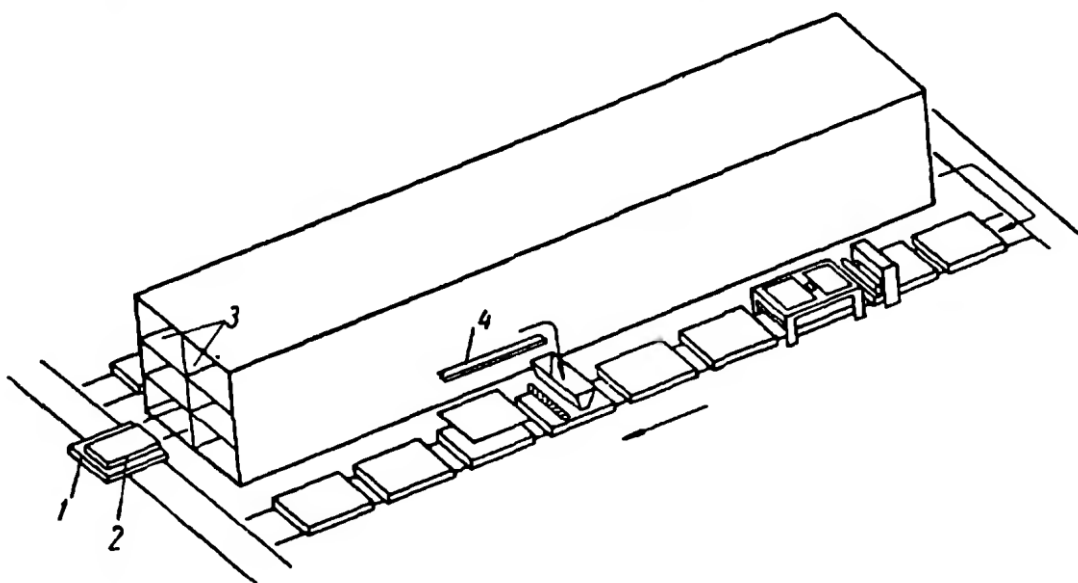


Рисунок 1.3 - Схема конвейерного технологического процесса:

- где 1 — поддон-вагонетка;  
2 — изделие;  
3 — камера твердения;  
4 — транспортер для подачи бетона.

Недостатки, в конвейерном способе с туннельной камерой вызвало нужду сделать производства более проще, отказаться от туннельной камеры.

В производстве железобетонных изделий существует ряд новых конвейеров, отличающиеся способом тепловой обработки детали и оборудованием для формования. Для них нужно немного места для производства, которые обеспечивают уменьшение цикла производства и имеют небольшой объем затрат металла.

Формовочный процесс на оборудование изготавливается: поддоны с арматурой, находящиеся в натяжении, передается по конвейеру на цепь с вкладышем. Далее снижается давление и домкраты спускают вкладыши что бы их

можно было формировать. Далее кладётся арматура сверху сетки, соединённая в единый каркас. Оборудование передвигается к месту формирования и кладет 1 слой смеси из бетона, он в то же время прижимается вибровкладышами. Когда идет в обратном направлении оборудование кладет второй слой смеси и готовится для заполнения что бы начать новый цикл.

Когда заканчиваются небольшие вибрации (20-30 секунд) к месту формирования передвигают пневмопригруз, который находится на другом месте конвейера. Пневмопригруз спускают в направлении оснастки сверху бетона и крепится захватами к поддону. Опять работает привод вкладышей и делает уплотнение смеси из бетона под пригрузом, которая длится от 100 секунд до 120 секунд, далее разжимает зажимы и пригруз отцепляется от детали.

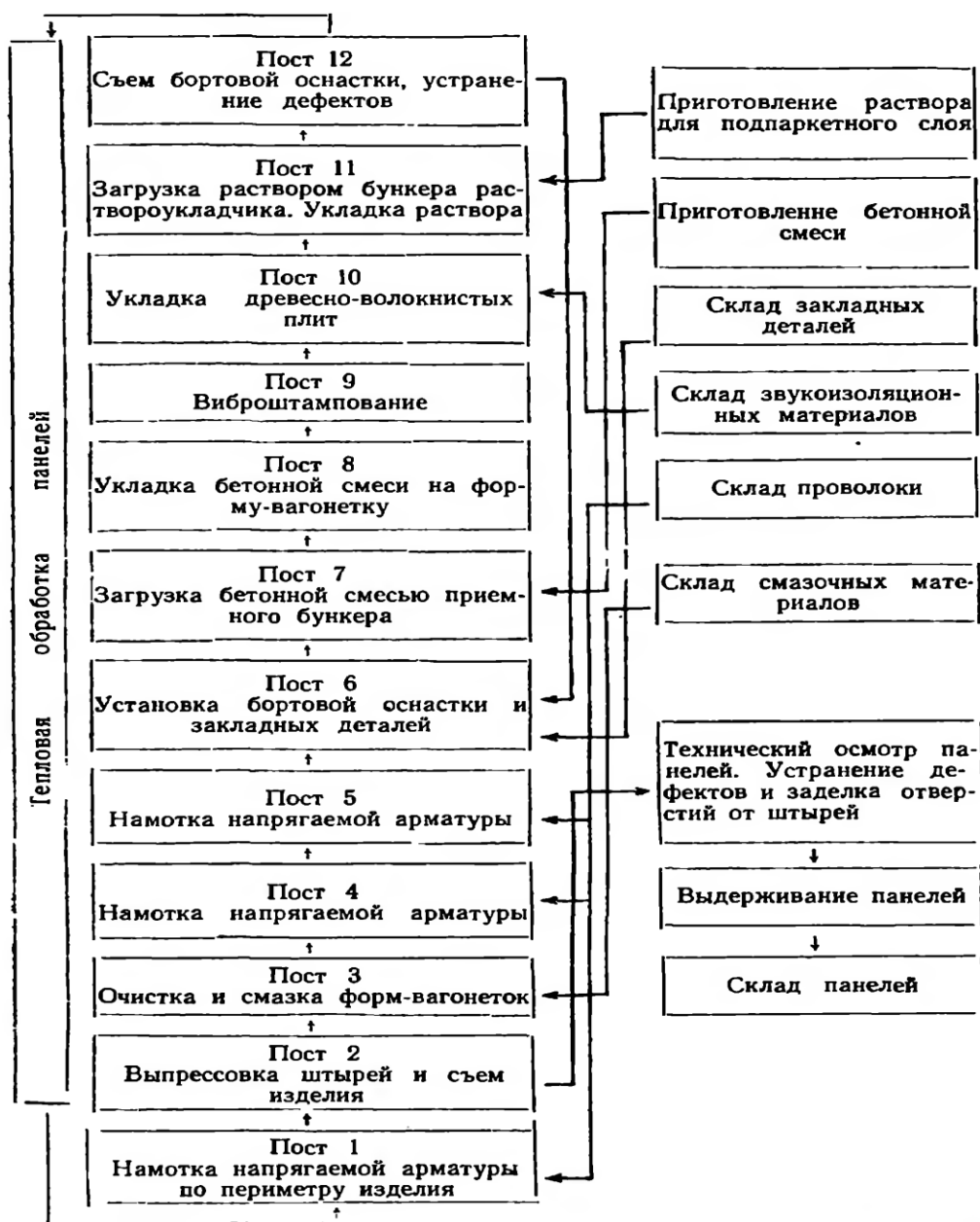


Рисунок 1.4 - Технологическая схема конвейерной линии

### 1.1.3 Стендовый способ изготовления железобетонных изделий

Производство по стендовой технологии происходит в формах или на спец. оборудовании – стендах. Детали в процессе формирования до приобретения нужной прочности остаются на своем месте, в то же время специальное устройство и обслуживающие его звенья передвигаются от первой формы к последующей.

Длительность цикла конструкции в стендовом способе производстве зависит от времени выдержки детали на стенде для приобретения ей нужной прочности и составляет обычно от одного до трех дней. Возможно, стендовая организация производства, если число стендовой линии обеспечит возможность перехода специальных звеньев с одной линии на другую.

Большее определение у стендов двух типов: пакетный и протяженный. У пакетных стендов арматурные проволоки образуются в специальной установке, далее отправляют в захваты стенда. Протяженные стенды арматурная проволока снимают с бухт, находящихся на одной стороне стенда и продлевающийся во всю длину до следующего упора.

Различные схемы получения арматурного пакета вызывают степень механической технологии и специального оборудования двух видов стендов.

Пакетные стенды нужны для приготовления изделия со средними разрезами и с удобным расположением арматуры. Тогда захваты и другие оборудования имеют небольшие и легкие показатели, соответственно они очень удобны в использовании. Натяжка, имеющая больше 24 проволок, делается за 1 раз сильным гидродомкратом, из-за чего оно дает с экономить время.

Классификация разновидностей стендового производства основана на ряде факторов: количество типоразмеров продукции; способ размещения конструкций на стенде; конструктивные особенности стендовой установки; продолжительность изготовления.

По количеству фиксированных типоразмеров деталей стендовые установки подразделяются на специальные (многоугольной арматуры, кассеты для производства площадок и лестничных маршей, стенды для изготовления подкрановых балок, и т. д.) и универсальные (производство различных технологически однородных изделий).

На стенде продукция может быть размещена вертикально, горизонтально, последовательно, индивидуально в пакетах, что влияет на конструктивные особенности. Подставка для установки может быть стационарной и разборной в зависимости от устройства. Стационарные установки выполнены в виде металлических форм, железобетонных и бетонных матричных форм с гладкой полированной поверхностью. Складные металлические и железобетонные формы имеют форму отрывных групповых кассет и опалубок.

В пакетных стендах арматура (связка с зажимами на концах) собирается отдельной установкой, а затем переносится и помещается в ручки форм или стендов. На длинных стендах арматурная проволока наматывается из катушек,

установленных на одном конце станда, и тянется по всей длине к другому упору прямо на линии формования.

На пакетных стандах необходимо производить продукцию с относительно малым поперечными размерами и небольшим расположением арматуры в сечении. Линейные детали большой высоты или ширины, с большими поперечными сечениями, требующие одиночного или группового заполнения поперечного сечения армирующей проволокой, следует производить на протяжных стандах.

## 1.2 Бетоносмесительные установки

Бетонные смеси на предприятиях по изготовлению железобетонных изделий получают в бетоносмесительных цехах. Для выпуска товарных бетонных смесей предназначены бетонные заводы, стационарные и мобильные бетоносмесительные установки. Последние применяют в основном в начальный период строительства объектов, при значительном удалении их от стационарных заводов. Разновидностью мобильных являются бетонные заводы, которые по окончании строительства демонтируют и перевозят на новую площадку.

В состав бетоносмесительных цехов или бетонных заводов входят склады цемента и заполнителей, установки для приготовления добавок, расходные бункера для образования оперативного запаса материалов, транспортное оборудование, аппаратура для дозирования компонентов, смесительное оборудование и устройства для выдачи бетонной смеси, устройства автоматического управления и контроля, вспомогательные установки (энергетическое хозяйство, компрессорная, отопительная система и т. п.).

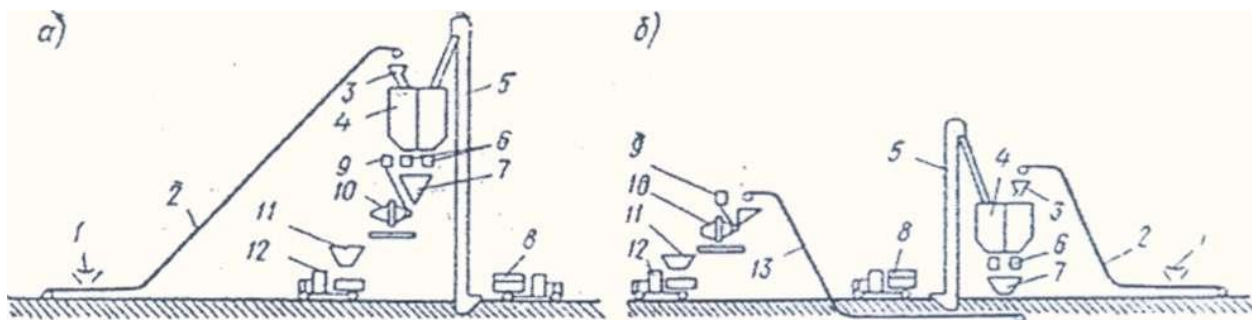


Рисунок 1.6 - Компоновка БСУ



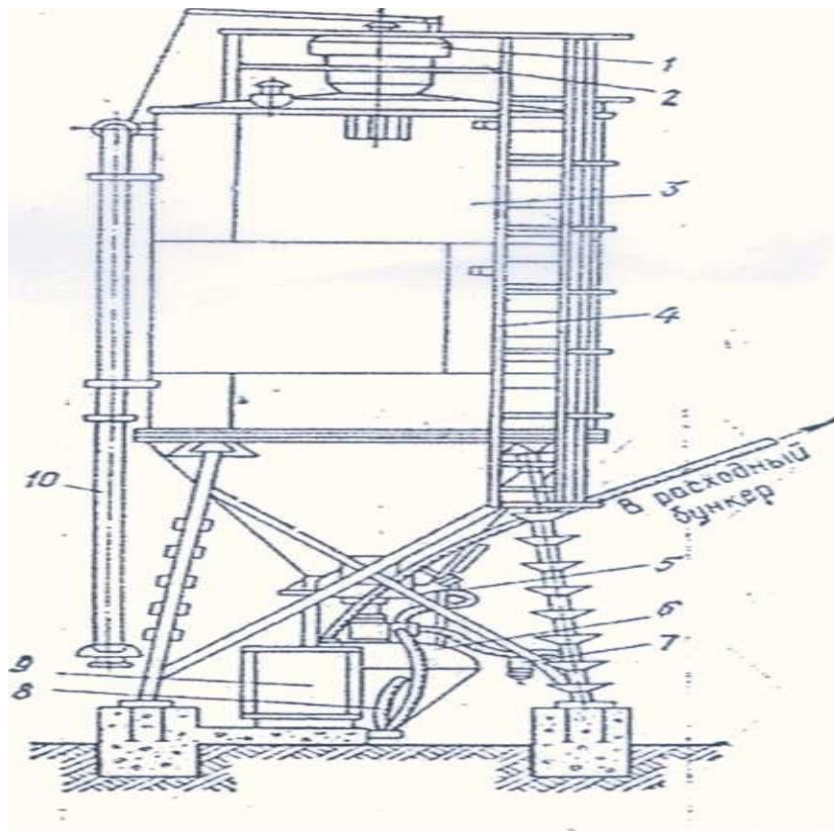


Рисунок 1.7 - Внешний вид БСУ

Бетоносмесительные цехи заводов железобетонных изделий малой мощности имеют годовую производительность до 50 тыс. м<sup>3</sup> бетона, средней и большой мощности - соответственно до 100 и 250 тыс. м<sup>3</sup>. Заводы товарного бетона могут иметь мощность и свыше 250 тыс. м<sup>3</sup>.

### 1.2.1 Дозирование бетонных смесей

Дозирование — это процесс отмеривания количества исходных материалов при загрузке их в смеситель. Дозирование компонентов бетонной смеси выполняется с точностью, обеспечивающей достижение необходимых проектных свойств бетона. При приготовлении бетонной смеси твердые компоненты дозирует по массе, воду и жидкие добавки можно дозировать по массе и по объему.

Точность дозирования цемента, воды и добавок должна отклоняться от расчетной не более чем на 2% заполнителей не более чем на 2,5%. Этим условиям должно удовлетворять не менее 80% замеров. Дозирование приводится с использованием дозаторов.

Дозаторы классифицируют по характеру работы на цикличные и непрерывного действия, по принципу действия на объемные, весовые и смешанные, по способу управления - с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением. Выбор типа дозаторов определяется компоновкой бетоносмесительной установки, видом бетоносмесителей, количеством марок смеси и

другими факторами.

### **1.2.2 Перемешивание бетонной смеси**

Чтобы бетонная смесь была однородной, ее перемешивают. С однородностью бетонной смеси тесно связаны основные физико-механические свойства бетона. Для перемешивания применяют бетоносмесители.

Качество перемешивания зависит от его продолжительности, которая определяется с момента загрузки материалов до начала выгрузки. При недостаточной количества перемешивания ухудшается примесь бетона и понижается его прочность. Увеличение длительности перемешивания примеси сверх оптимального, соответствующего получению примеси бетона, мало сказывается на свойствах бетона, снижая при этом общую производительность БСУ.

Желательная длительность перемешивания зависит от типа применяемого смесителя, состава и характеристики бетонной смеси. Вовремя перемешивании тяжелых смесей в смесителях свободного падения малая продолжительность перемешивания в зависимости от подвижности бетонной смеси и объема смесителя может назначаться в соответствии. Для приготовления малоподвижной и жесткой бетонной смеси длительность перемешивания необходимо увеличивать в 1.5 - 2 раза.

## **2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ БЕТНОСМЕ- СИТЕЛЬНОГО ЦЕХА**

В данной дипломной работе, в соответствии с заданием, рассмотрены задачи разработки системы автоматизация бетоносмесительного цеха как одного из ключевых процессов в производстве железобетонных изделий.

### **2.1 Задачи создания системы автоматизации.**

- повышение эффективности производства и качества бетонных смесей на основе теоретических исследований автоматизированных процессов их приготовления в смесителях циклического действия;
- разработка рациональной структуры системы.

#### **2.1.1 Дозирование ингредиентов как объект автоматизации**

Дозирование - подача определенного, строго установленного по рецепту количества ингредиентов для составления смеси. Неточное дозирование того или иного ингредиента может привести к снижению качества бетона, а избыток отдельных ингредиентов - к повышению себестоимости бетона.

В данном проекте используются барабанные дозаторы, для обеспечения непрерывной работы производства и увеличения производительности завода. Все недостатки, перечисленные выше, с легкостью преодолеваются с помощью автоматизированной системы управления.

Выходной величиной процесса дозирования является массовый выходной поток из дозатора ( $Y_2$ ), который контролируется весовым датчиком. Входной величиной является угловая скорость вращения барабана дозатора ( $X_2$ ), которая пропорционально влияет на выходную величину, возмущающим воздействием процесса дозирования является объемная масса ( $Z_1$ ) и размеры частиц ( $Z_2$ ).

#### **2.1.2 Смешивание ингредиентов как объект автоматизации**

Опыты смешивания одинаковых по размеру частиц песка в наклонном смесителе позволяют сделать вывод, что оптимальный угол наклона его оси к горизонту не должен превышать угла естественного откоса. Эксперименты

подтвердили, что смесь одинаковых частиц обладает большей устойчивостью к сегрегации по сравнению со смесью различных по величине частиц.

Исследования также доказали, что увеличение общего объема материала в рабочей зоне приводит к снижению меры однородности I смешивания, определяемой обратно пропорциональной зависимостью от него.

Установлено существующее влияние угловой скорости вращения барабана на интенсификацию процесса смешивания. Применительно к непрерывным смесителям, для бетонных смесей правомерным является использование

критерия гравитационного подобия Фруда (Fr):

$$Fr = \frac{w^2 R}{g} \leq 30 \quad (1)$$

Для практических расчетов процессов смешивания на основе закона диффузии рекомендуется выражение:

$$q = 100e^{-kt} \quad (2)$$

где  $q$  - коэффициент сегрегации;  $k$  - эмпирический коэффициент;  $t$  - время смешивания.

Экспериментами установлено, что с увеличением количества компонентов смеси, условия смешивания для достижения однородности ухудшаются. При одинаковой зернистости и соотношением объемов двух компонентов существует линейная зависимость. Оптимальная по качеству смесь осуществляется при  $k_t = 3$ , а неудовлетворительная при  $k_t = 1,8$

Аналитическая разработка по смеси базируется на представлении, что процесс выполняется одновременно путем:

- переноса некоторых элементарных объемов и составляющих их частиц из одного кардинального положения в другое на основе закономерности конвективного перемешивания, для которого характерно однонаправленное движение;
- распределение слоев сыпучего материала и их частиц по поверхностям сдвига;
- смешивание компонентов, путем их диффузионного рассеивания.

Закономерность диффузионного процесса перемешивания выражается математически уравнением второго закона Фика:

$$\frac{dC}{dt} = -D \frac{d^2C}{dx^2} \quad (3)$$

где  $D$  - коэффициент диффузии;  $C$  - концентрация;  $x$  - расстояние в направлении диффузии;  $t$  - время.

Движущей силой диффузионного процесса перераспределения компонентов является разность концентрации их, как мера отклонения от равновесного состояния.

Основу движущей силы компонентов смеси составляет различие их концентраций, измененных под действием рабочих органов смесителя в пространстве и времени. Потенциалом для снижения концентрации является стохастическая природа их перераспределения, интенсификация смешивания связана с динамикой конструктивных элементов и рабочих органов смесителя.

Локальная циркуляция потоков сыпучих материалов в рабочей зоне

смесителя определяет необходимые условия для реализуемого процесса массопереноса. Диффузионная кинетика массопереноса сыпучих компонентов характеризуется постоянством воздействия на смешиваемые объекты во времени и пространстве.

Перенос массы из одной фазы в другую может осуществляться конвективной диффузией. В каждой фазе различают 2 области: основную массу и пограничный слой, возникающий у поверхности их раздела.

- Перенос вещества в ядре фазы осуществляется только конвективными потоками;

- пограничный слой является областью резкого изменения концентрации вещества;

- у границы раздела фаз перенос вещества осуществляется только диффузией.

Коэффициент диффузии  $D$  в уравнении Фика, зависит от агрегатного состояния системы, давления и природы веществ компонентов.

В расчетах конкретных установившихся процессов принимают, что коэффициент массопереноса сохраняет постоянное значение вдоль поверхности раздела фаз. Применение законов диффузионной кинетики массопереноса позволяет правильно оценить весь комплекс процессов, происходящих при смешивании компонентов сыпучих материалов.

Вторая группа работ с экспериментальным анализом процесса смешивания основана на применении методов математической статистики при оценке показателей смешивания на основе представительных проб. Так как при смешивании результатом всех воздействий является изменение соотношения компонентов в представительном объеме смеси, то распределение концентраций в них должно являться варьирующей величиной, приобретающей различные значения с определенной вероятностью. В объемах перемешиваемой смеси возможно бесконечно большое число случайных сочетаний расположения смешиваемых блуждающих частиц, поэтому оценка качества компонентов смеси определяется методами статистического анализа.

Известно, что случайную величину рассматривать как результат суммарного воздействия многих независимых факторов, то закон распределения случайной величины будет близким к нормальному. Обычно при расчетах показателей смешивания поликомпонентной смеси пользуются /прощающим допущением, что смесь является двухкомпонентной. Для этой цели выделяют весомый по значимости определяющий компонент, по которому оценивают качество процесса, а все остальные суммируют и «словно объединяют во второй компонент. В качестве определяющего компонента в некоторых случаях избирают индикатор. Предельное значение отношения большего компонента к меньшему рекомендуют не более 100:1; уменьшение соотношения компонентов обеспечивает повышение однородности смешивания.

При автоматизации процесса смешивания для оценки однородности процесса рекомендуется относительное среднеквадратическое отклонение, дисперсию, коэффициент вариации, критерий Пирсона, математическое ожидание как показатели, характеризующие истинное значение дискретной

величины. Для применения этих показателей и получения достоверных сведений по анализируемому процессу необходимо экспериментально определить число проб для анализа. Кроме того, процесс смешивания, характеризуемый показателем однородности смеси, функционально зависит от времени, физических свойств компонентов, конструкции смесителя, условий работы, кинематических режимов и других параметров, которые одновременно не учитываются. Многообразие факторов, определяющих условия смешивания, приводит к возможности определения состояния смеси в текущий момент, поэтому появляется необходимость накопления значительного статистического материала для обобщающей оценки работы смесителя.

Целевая функция смешивания определялась влиянием параметров: массы компонентов смеси, средней массы частиц компонентов, среднеквадратического отклонения массы частиц компонентов, относительных долей компонентов в единице массы смеси. Для двухвальных лопастных смесителей непрерывного действия производительностью 20 т/ч, из условий достижения наибольшей однородности в пределах 80% , рекомендуется длина их до 3,5 м при коэффициенте заполнения рабочей зоны 0,35, окружную скорость лопаток 3,2 м/с. Влажность не превышает 14,5%.

Существенно важным параметром процесса смешивания во всех исследованиях является время выполнения операции. Остальные параметры, включающие плотность частиц, гранулометрический состав, влажность, различие природы вещества частиц являются дополнительные и в структурной схеме автоматизации являются возмущающими воздействиями.

На бетонных заводах для составления смеси непрерывно поточным способом применяют две схемы. По одной из них образование пропорциональных потоков осуществляется для всех компонентов независимо друг от друга; каждый дозатор настраивается на определенный поток и обеспечивает его заданную величину. По другой схеме дозатором определяется поток основного компонента, а остальные настраиваются на обеспечение требуемого соотношения между компонентами.

При заданной точности операции дозирования сыпучих и жидких ингредиентов эффективность смешивания в смесителях оценивают достижением однородности в рабочем объеме через определенное время.

Существенно важным условием получения достоверных результатов процесса смешивания является правильное выполнение приемов отбора проб. Для этого приготовленную смесь распределяют ровным слоем на 20-50 квадратов, из которых отбирают пробы. Анализ однородности смешивания в рабочей зоне аппарата выполняют отбором образцов пробоотборниками через контрольные отверстия корпуса; отобранные пробы усредняют и выполняют анализы для оценки однородности смешивания. Для отбора образцов применяют пробоотборники автоматического действия.

В производственных условиях для оценки эффективности смешивания применяют количественные критериальные показатели равномерности распределения определяющего компонента либо индикатора, включенного в состав смеси. Техническая задача процесса смешивания компонентов смеси

определяется требованиями равномерности распределения каждого из составляющих в объеме любой пробы в количестве, определяемом рекомендациями рецепта.

Применяемые способы количественной оценки однородности состава смеси по определяющему компоненту.

Применение радиоактивных изотопов для определения однородности смешивания основано на введении в смесь индикаторных частиц, обладающих гамма-излучением с периодом полураспада в пределах 3-х часов.

Основываясь на вышеприведенном описании, определим входные и выходные переменные процесса. Входными переменными процесса смешивания являются: время смешивания ( $X_4$ ), загрузка ингредиентов в рабочий объем аппарата ( $X_5$ ), угловая скорость рабочих органов смесителя ( $X_6$ ), ввод жидких ингредиентов ( $X_7$ ); выходными переменными процесса являются: степень однородности смеси ( $Y_4$ ), концентрация индикатора в выборке смеси ( $Y_5$ ), производительность смесителя ( $Y_6$ ), расход электроэнергии смесителя ( $Y_7$ ); возмущающими -переменными являются: влажность ингредиентов ( $Z_3$ ), разность плотностей ингредиентов ( $Z_4$ ), различие размеров смешиваемых ингредиентов ( $Z_5$ ).

## 2.3 Математическая постановка задачи оптимального управления БСУ

### 2.3.1 Математическая модель процесса дозирования

Математическая модель процесса дозирования должна обеспечивать установление математической зависимости массового выхода ингредиентов от управляющих воздействий (скорость вращения питателя, положение шибберов и т. п.) Для различных типов дозаторов расчетные формулы их производительности имеют различный вид. Рассмотрим формулу производительности для барабанного дозатора, широко применяемого в бетоносмесительных установках:

$$Q = 0,06FLzn_6kp \quad (4)$$

где  $Q$  – производительность дозатора;

$F$  и  $L$  - соответственно площадь поперечного сечения (м) и длина (м) кармана;

$z$  - число карманов в барабане;

$n_6 = a n_b / 360$  об/мин - число оборотов приводного вала;

$n_b$  - число оборотов барабана;

$k$  - коэффициент заполнения карманов, выраженный в долях единицы (0,8);

$\rho$  - объемная масса сыпучего продукта, заполняющего карман, в кг/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  - угол поворота барабана за один оборот приводного вала.

Из всех переменных в данном соотношении для системы управления переменными во времени остаются  $n_b$  - число оборотов барабана,  $\rho$  - объемная масса сыпучего продукта, заполняющего карман. Но так как  $\rho$  - является возмущающим воздействием, то его изменение компенсирует система автоматизированного управления.

Следовательно, в дифференциальной форме зависимость массового  $I$  выхода от частоты вращения барабана запишется:

$$dQ/dt=k dn/dt \quad (5)$$

где  $dQ/dt$  - изменение массового выхода продукта (выходная переменная);  $dn/dt$  - изменение частоты вращения барабана (входная переменная);

$k=0,06Flzkr$  - коэффициент пропорциональности (постоянная величина для конкретного дозатора).

### 2.3.2 Математическая модель для расчета оптимального соотношения составляющих бетонной смеси

Задача расчета оптимальной рецептуре формулируется следующим образом: рассчитать массовое соотношение компонентов бетонной смеси, состоящей из цемента, песка, щебня, воды, химических добавок, при котором обеспечивается минимальная его стоимость с учетом ограничений по пределам ввода каждого компонента и качеству рецепта.

Качество рецепта зависит от количества включенных в него компонентов, определяемой по содержанию цемента, песка и щебня.

Область решения задачи ограничена значениями минимальных и максимальных норм ввода каждого компонента, которые обуславливаются в основном требованиями к качеству бетона (табл. 2), значениями показателей качества в соответствии со стандартами на данный бетон, а также условиями неотрицательности количества по рецептуре.

Таблица 1 - Компоненты и диапазоны изменения ингредиентов смеси

Компоненты бетонной (%)	min	max
Щебень $x_1$	0	40
Песок $x_2$	0	40
Вода $x_3$	10	20
Цемент $x_4$	20	40
Хим. добавки $x_5$	0	5

Математическая модель задачи по составлению бетонной смеси согласно рецептуре бетона состоит из целевой функции (линейная форма), которая характеризует стоимость смеси.



$$F(x_i) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (6)$$

и системы ограничений в виде линейных уравнений и неравенств:

$$A_{j \min} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq A_{j \max} \quad (7)$$

$$B_{j \min} \leq x_i \leq B_{j \max} \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 100 \quad (9)$$

где  $c_i$  - стоимость  $i$ -того компонента;

$x_i$  - независимые переменные (количество компонентов в рецептуре);

$A_{ij}$  - содержание  $j$ -го ингредиента в  $i$ -ом компоненте;

$A_{j \min}$ ,  $A_{j \max}$  - минимальный и максимальный допустимые уровни содержания  $j$ -го ингредиента в бетоне;

$B_{j \min}$ ,  $B_{j \max}$  - минимальная и максимальная допустимые нормы содержания  $i$ -го компонента в бетоне.

Для рассматриваемого в проекте примера математическая модель задачи составления смеси была получена в следующем виде (номера компонентов и показателей качества:

$$\begin{aligned} F(x_i) &= 0.109x_1 + 0.091x_2 + 0.15x_3 + 0.575x_4 + 0.0032x_5 + 1.23x_6 \rightarrow \min; \quad (10) \\ 1.36x_1 + 1.13x_2 + 1.04x_3 + 1.07x_4 + 0.72x_6 &\geq 105; \\ 0.09x_1 + 0.116x_2 + 0.386x_3 + 0.46x_4 + 0.155x_6 &\geq 16; \\ 0.022x_1 + 0.0556x_2 + 0.141x_3 + 0.007x_4 + 0.091x_6 &\geq 6; \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 &= 100. \end{aligned}$$

Составленная математическая модель задачи линейного программирования решалась симплекс-методом, стандартные программы которого имеются на многих типах ЭВМ.

## 2.4 Разработка алгоритма управления

В проекте был разработан алгоритм управления бетоносмесительной установкой, представленный в виде логического модуля, который осуществляет анализ состояния оборудования и данных, получаемых в течение функционирования установки посредством контрольно-измерительных приборов. Модуль имеет логическую защиту от сбоя при наличии конфликта

взаимоисключающих команд.

Модуль выполняет следующие функции:

- опрос концевых датчиков о состоянии затворов, дверей и скипа
  - выдача соответствующих сообщений о состоянии затворов, дверей и пр.
- Включение звуковой сигнализации в случае аварийной ситуации.

Входная информация:

- Сост. 220V - флаг «наличие напряжения»;
- Сост. Дверь - флаг «состояние двери в нижний блок»;
- Давл. момп - флаг «состояние давления в пневмосистеме»;
- Сост. затв. - флаг «состояние затвора бункера инертных материалов»;
- Сост. смес. - флаг «состояние смесителя»;
- Сост. вода. - флаг «состояние насоса подачи воды»;
- Сост. хим. - флаг «состояние насоса подачи химической воды»;
- Скип вниз (1) - флаг «состояние нижнего концевого выключателя №1»;
- Скип вниз (2) - флаг «состояние нижнего аварийного концевого выключателя»;
- Скип вверх (1) - флаг «состояние верхнего концевого выключателя №1»;
- Скип вверх (2) - флаг «состояние верхнего аварийного концевого выключателя».

Выходные данные:

- Сообщение «Нет напряжения»
- Сообщение «Открыта дверь нижнего блока»;
- Сообщение «Затвор дозатора инертных материалов открыт»;
- Сообщение «Неисправность скипа»;
- Сообщение «Двигатель насоса подачи воды не включен»;
- Сообщение «Двигатель насоса подачи химической воды не включен»;
- Звуковая сигнализация.

### 2.4.1 Описание алгоритма

Алгоритм может быть представлен в виде последовательности операций (блоков на схеме), обеспечивающих решение задачи. Блок 1 «Начало». В блоке 2 происходит обнуление переменной  $i$ . Далее в блоке 3 осуществляется увеличение  $i$  на единицу. Далее проверяется флаг наличия напряжения (блок 4) т.е. проверяется равенство флага 1. Если «Нет» Блок 5 сигнализирует: «Нет напряжения» и блок 6 включает аварийную сигнализацию. Программа в этом случае переходит к блоку 105. Если «Да» следует блок 7 - флаг состояние двери в нижний блок: флаг приравнивается к 1. В случае «Нет» блок 8 сигнализирует: «Открыта дверь нижнего блока» и включается звуковая сигнализация (блок 9) Программа переходит к блоку 105. Если «Да» продолжает работу модуля. Блок 10: Флаг состояния давления в пневмосистеме, приравнивается к 1. Если равенство соблюдается следует команда «Выключить компрессор» в блоке 11. Далее включается таймер T1 на время работы компрессора необходимое для

нормализации давления в пневмосистеме (блок 12) и следует переход к блоку 10. При значении флага, не равном 1 переход к блоку 13, флаг состояния бункера инертных материалов приравнивается к 1, в случае подтверждения равенства следует сигнал «Раствор дозатора инертных потенциалов открыт» (блок 14) и блок 15 включает звуковую сигнализацию. Программа переходит к блоку 105. При значении флага не равном 1:

1) Происходит переход к блоку 16 - команда «Разрешение на открытие затворов №1, №2, №3, №4» и далее переход к блоку 20.

2) Происходит переход к блоку 17 - команда «Разрешение на включение двигателя шнека» и далее переход к блоку 36.

3) Происходит переход к блоку 18 - команда «Разрешение на включение двигателя насоса подачи воздуха» и далее переход к блоку 45.

4) Происходит переход к блоку 19 - команда «Разрешение на включение двигателя насоса подачи химической воды» и далее переход к блоку 57.

Блок 20 - команда открыть затвор №1. В блоке 21 следует сравнение Масса инертных материалов №1 и Массы инертных материалов №1 по рецепту. При несоблюдении равенства в блоке 22 включается таймер Т2 и возвращение к 21 блоку. При подтверждении равенства подается команда «Закрыть затвор №1» в блоке 23 и\* «Открыть затвор №2» в блоке 24. Блок 25 отображен флагом сравнения массы инертных материалов №2 и массы инертных материалов №2 по рецепту. Если условие не соблюдается - запускается таймер Т3 в блоке 26 и следует возврат к блоку 25. В противном случае подается команда на закрытие затвора №2 в блоке 27 и команда на открытие затвора №3 в блоке 28. Следующий блок 29 отображен флагом сравнения массы инертных материалов №3 и массы инертных материалов №3 по рецепту. Если условие не соблюдается - запускается таймер Т4 в блоке 30 и следует возврат к блоку 29. В противном случае подается команда на закрытие затвора №3 в блоке 31 и команда на открытие затвора №4 в блоке 32. Следующий блок 33 отображен флагом сравнения массы инертных материалов №4 и массы инертных материалов №4 по рецепту. Если условие не соблюдается - запускается таймер Т5 в блоке 34 и следует возврат к блоку 33. В противном случае подается команда на закрытие затвора №4 в блоке 35. Далее осуществляется переход к блоку 69.

В блоке 36 подается команда «Включить двигатель шнека». Блок 37: в этом блоке проверяется равенство значений массы цемента и массы цемента по рецепту. Если «Нет» включается таймер блока 38. Если «Да» включается таймер Т7 блока 39 и далее поступает команда из блока 40 «Выключить двигатель шнека». Блок 41 обозначен флагом состояния смесителя и приравнивается к 1.

В том случае если значение флага не равно 1 следует переход к блоку 79. Если значение напротив не равно 1 следует команда из блока 42 «Открыть затвор бункера смесителя».

Далее срабатывает таймер Т8 блока 43. После отсчета таймера программа переходит к блоку 44, здесь подается команда «Закрыть затвор бункера смесителя». Далее переход к блоку 104.

В блоке 45 подается команда «Включить двигатель насоса подачи воды». Далее следует блок 46, здесь проверяется флаг: равенство масса воды и масса воды по рецепту.

Если равенство не подтверждено, в блоке 47 производится приравнивание флага состояния насоса воды, к 1. При значении флага равном 1 запускается таймер Т9 (блок 48) и осуществляется переход к блоку 46. Если же значение флага не равно 1, поступает сигнал «двигатель насоса подачи воды не включен (блок 49). Далее блок 50 включает звуковую сигнализацию и осуществляется переход к блоку 105.

Если равенство подтверждено, то далее запускается таймер Т10 (блок 51), после отсчета таймера в блоке 52 задается команда «Отключить двигатель насоса подачи воды». Далее проверяется флаг состояния смесителя (блок 53). При условии, если значение флага не равно 1, программа переходит к блоку 79, если значение равно 1. Переходим к блоку 54, отсюда производится команда «открыть затвор бункера воды». Далее следует отсчет таймера Т11 (блок 55), затем команда «закрыть затвор бункера воды» (блок 56).

В блоке 57 подается команда «Включить двигатель насоса подачи химической воды». Далее следует блок 58, здесь проверяется флаг: равенство масса химической воды и масса химической воды по рецепту. 1) Если равенство не подтверждено, в блоке 59 производится приравнивание флага состояния насоса подачи химической воды, к 1. При значении флага равном 1 запускается таймер Т12 (блок 60) и переход к блоку 58. Если же значение флага не равно 1, поступает сигнал «двигатель насоса подачи химической воды не включен (блок 61). Далее блок 62 включает звуковую сигнализацию и осуществляется переход к блоку 105.

Если равенство подтверждено, то далее запускается таймер ИЗ (блок 63), после отсчета таймера в блоке 64 задается команда «Отключить» двигатель насоса подачи химической «воды». Далее проверяется флаг состояния смесителя (блок 65). При условии, если значение флага не равно 1, программа переходит к блоку 79, если значение равно 1. Переходим к блоку 66, отсюда производится команда «открыть затвор бункера воды». Далее следует отсчет таймера Т14 (блок 67), затем команда «закрыть затвор бункера воды» (блок 68).

Блок 69, здесь запускается таймер Т19, по истечении времени таймера проверяется состояние нижнего концевого выключателя №1 (блок 70), если его значение не равно 1, то далее в блоке 71 «Неисправность скипа» блок 71 включает звуковую сигнализацию и далее следует переход к блоку 105. Если значение флага напротив равно 1, подается команда (блок 72) «открыть затвор дозатора инертных материалов». В блоке 74, запускается таймер Т16, далее производится команда «Поднять скип» (блок 75).

Отсюда параллельно начинают функционировать блоки:

Блок 76, команда «Включить смеситель», затем включается таймер Т17 (блок 77), после завершения отсчета таймера. Далее блок 78, отсюда производится проверка смесителя, при значении флага не равном 1, подается сигнал «Неисправность скипа» (блок 79), а также включается звуковая сигнализация (блок 80), и следует переход к блоку 105. При значении флага смесителя

равном 1, включается таймер T18, отсчитывающий время перемешивания после загрузки цемента (блок. 81). В блоке 82 следует команда «Открыть затвор бункера цемента», в блоке 83, запускается таймер T19, после отсчета, подается команда «Закрыть затвор бункера цемента» (блок 84), далее переход к пункту №11,

Блок 85, отсюда запускается таймер T20, затем в блоке 86, проверяется условие верхнего концевого выключателя, при отрицательном результате, в случае если флаг выключателя не равен 1, происходит переход к флагу верхнего аварийного концевого выключателя ( блок 87), производится сравнение флага с 1, если равенство соблюдается, поступает команда из блока 88, «Остановить скип». Затем поступает сигнал «Неисправность скипа» (блок 89), и срабатывает звуковая сигнализация (блок 90). Программа переходит к блоку 105. При значении флага равном 1. поступает сигнал «Неисправность скипа» (блок 91), и также срабатывает звуковая сигнализация (блок 92), программа переходит к блоку 105.

При значении флага верхнего концевого выключателя равном 1 (блок 86), запускается таймер T21 (блок 93), после завершения отсчета таймера, подается команда в блоке 94 «Опустить скип». Далее начинает отсчет таймер T22 (блок 95), В блоке 96, проверяется условие нижнего концевого выключателя, при отрицательном результате, в случае если флаг выключателя не равен 1, происходит переход к флагу нижнего аварийного концевого выключателя (блок 98), производится сравнение флага с 1, если равенство соблюдается, поступает команда из блока 101, «Остановить скип». Затем поступает сигнал «Неисправность скипа» (блок 102), и срабатывает звуковая сигнализация (блок 103). Программа переходит к блоку 105. При значении флага равном 1, поступает сигнал «Неисправность скипа» (блок 91), и также срабатывает звуковая сигнализация (блок 92), программа переходит к блоку 105.

Блок 104, в блоке осуществляется сравнение величин  $i$  - текущий замес и величины  $N$  - количество замесов. При неравенстве величин происходит переход к блоку 3, если же равенство соблюдается - блок 105, завершение модуля.

### **2.3 Выбор технических средств автоматизации**

- контроллеры;
- датчики физических параметров системы дозирования;
- вспомогательное оборудование: средства пожаротушения, вентиляция, сигнализации.
- пусковая аппаратура;

### **2.4 Перечень входных, выходных и возмущающих переменных**

Главными качеством (выходящими параметрами) в данном случае является период размешивания  $\tau_{\min}$  среднеарифметическое несоответствие выборки  $S_0^*$ , среднеквадратичный люфт централизации компонентов  $S_k^*$ .

Выходные характеристики формируются отрезки перемены постоянной размешивания  $\Delta\alpha$ , первым и последним среднеквадратичным несоответствием элементов и вещества компонента в дозах консистенции, равноправной массе выборки  $S_0, S_i, S_k$ , постоянной периода размешивания.

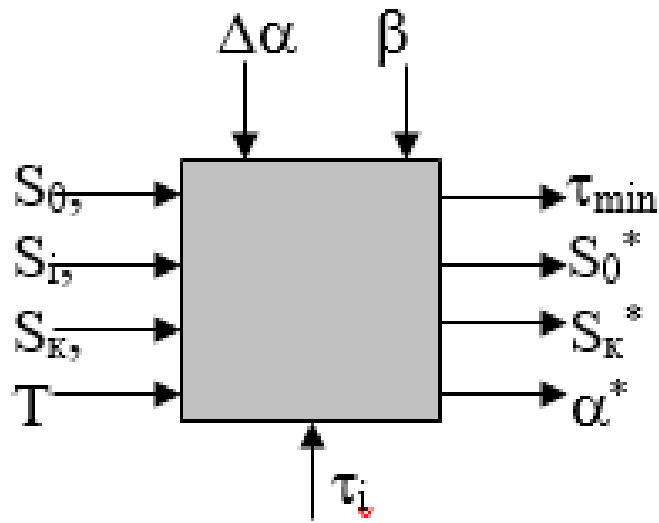


Рисунок 2.1 – характеристики процесса

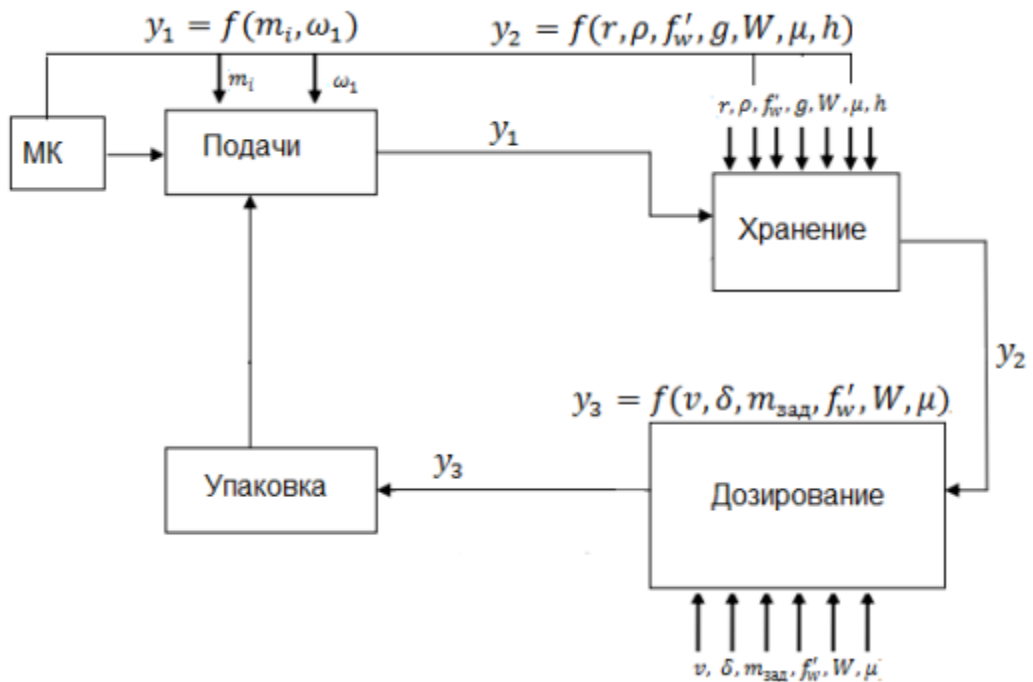


Рисунок 2.2 – Структурная схема промежуточных операций при процессе производства

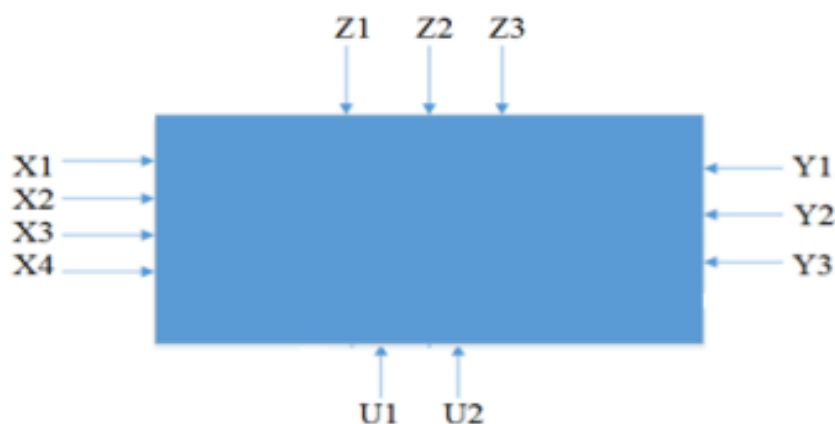


Рисунок 2.3 – Форма в параметрическом виде объекта управления

где  $X_1$  – количество влажности,  $W$  [%];  
 $X_2$  – величина деталей;  
 $X_3$  – коэффициент вытекания,  $Cd$ ;  
 $X_4$  – потребление,  $q_1$  [м<sup>3</sup>];  
 $U_1$  – быстрота циркуляции дозатора,  $\omega^1$  [рад/сек];  
 $U_2$  – быстрота вхождения в бункер,  $\omega^2$  [рад/сек].

Как выходящие характеристики обозначаем:

$Y_1$  – масса (объемный расход),  $q^2$  [м<sup>3</sup>];  
 $Y_2$  – эффективность,  $Q$  [изделий/мин];  
 $Y_3$  – количество в бункере,  $h$  [м].

В качестве возмущающих факторов рассматриваются:

$Z_1$  – преобразование коэффициента вытекания,  $Cd$ ;  
 $Z_2$  – преобразование плотности,  $\rho$  [кг/м<sup>3</sup>];  
 $Z_3$  – преобразование скорости циркуляции дозатора  $\omega^2$  [рад/сек]

## 2.5 Разработка структурной схемы и схемы автоматизации объекта исследования

### 2.5.1 Описание схемы автоматизации

После разгрузки материалов на склад, направляется в приемные бункера смесительного цеха по ленточным питателям. Он располагается над бункерами, автоматически делит материал на шесть приемных силосах. На каждом бункере располагается датчик уровня, датчик уровня в свою очередь и определяет количество необходимого материала для приготовления бетонной смеси в бункерах.

Общий объем дозировки выполняется последовательно с применением пневматического секторного затвора и ленточного конвейера. Дозировка происходит с применением электрического тензодатчика. Определенное количество из ленточных конвейеров применяют импульсные датчики для большого дозирования керамзита или остальных заполнителей. После перемешивания

деталей нужное количество отправляют в выбранный смеситель при помощи дозатора. Если необходимо, то бункер заполнителя можно оснастить специальным виброобрушающими устройствами.

Цемент располагается в двух силосах. Специальные индикаторы уровня заполнителя бункера для бетона дает информацию системе автоматизации и операторам, чтобы контролировать пневматические транспортировки бетона со склада. Система дозирования бетона имеет в себе виброобрушители и пневматические клапаны. Для дозирования бетона применяются шнековый питатель. Для взвешивания необходимого количества бетона применяют тензодатчики.

Воду подают на бетоносмеситель из резервуара теплой воды и водопровода. Для распределения воды применяются пневматическим клапаном и электронные весы с тензодатчиком. Далее вода протекает через распределительный водопровод в необходимый смеситель.

Жидкие добавки применяются с помощью насосов на специальных электронных весах с тензодатчиком.

Бетонный цех оборудован необходимой подачи сжатого воздуха и системой подготовки на исполнительные механизмы. Система контроля сжатого воздуха включает специальные средства для распыления смазки и очистки, контролирующие скорость подачи звукопоглощение и сжатого воздуха.

Главными элементами бетоносмесительного узла являются:

1) Тензометрический датчик – преобразователь величины деформации в электрический сигнал. При сжатии или растяжении формы датчика меняется сопротивление, из-за чего величина деформации меняется в электрический сигнал.

Принцип взвешивания создана на базе тензодатчиков и весовых преобразователей. Для дозаторов используются тензодатчики S-образного вида. Они функционируют по принципу тензоэффекта, принцип заключается в том, что изменяется сопротивление резисторов измерителя, введенных согласно электромостовой схеме, от взаимодействия внешней деформирующей силы.

Для дозаторов измерения материалов используются с 3 вплоть до 4 измерителей подвешивания дозатора.

Для химических компонентов и дозирования воды используются расходомер.

Тензодатчики обкрадывают на опорах и к дозатору применяется с поддержкой особого шарнирного крепления, из-за чего поставляется совместно с датчиками, нужное для компенсации побочных передвижений дозаторов во время загрузки частей. Данным способом, получается процесс силы растяжения по вертикальной оси тензодатчика.

Тензодатчик любого дозатора располагает в себе тензопреобразователь на который поступает и обрабатывается сигнал (0-10мВ) и преобразуется в измерительный сигнал для ПЛК (4-20мА непрерывного тока), затем представление единицы веса показывается в мнемосхеме «АРМА» диспетчера АСУ.

Чтобы измерить точный вес необходимо осуществить калибровку



тензопреобразователя. Калибровка необходимо произвести при первом использовании и следует проводить время от времени, чтобы соблюдать необходимую точность взвешивания частей.



Рисунок 2.4 – подвесной тензометрический датчик, на опорах на полу и на средних опорах

2) Шнековый питатель – это конвейер небольшой длины, необходимый для транспортировки изделий из приемных бункеров.

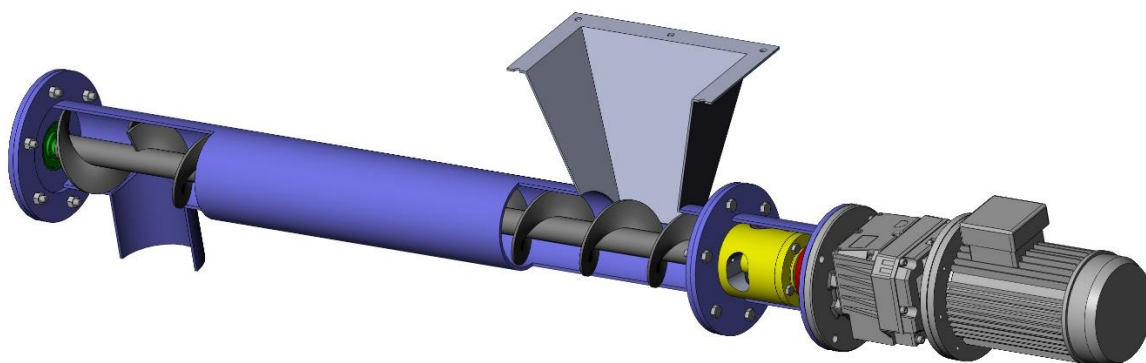


Рисунок 2.5 – Шнековый питатель

3) Ленточный конвейер – это специальный конвейер для транспортировки изделий, по который производится на гибкой ленте.



Рисунок 2.6 – Ленточный конвейер

4) Приемный бункер – это оборудование, необходимое для приема и последующей транспортировки изделий.

5) Смеситель – это один из основных оборудований, после дозирования это оборудование совершает перемешивание сырья для получения бетонной смеси.

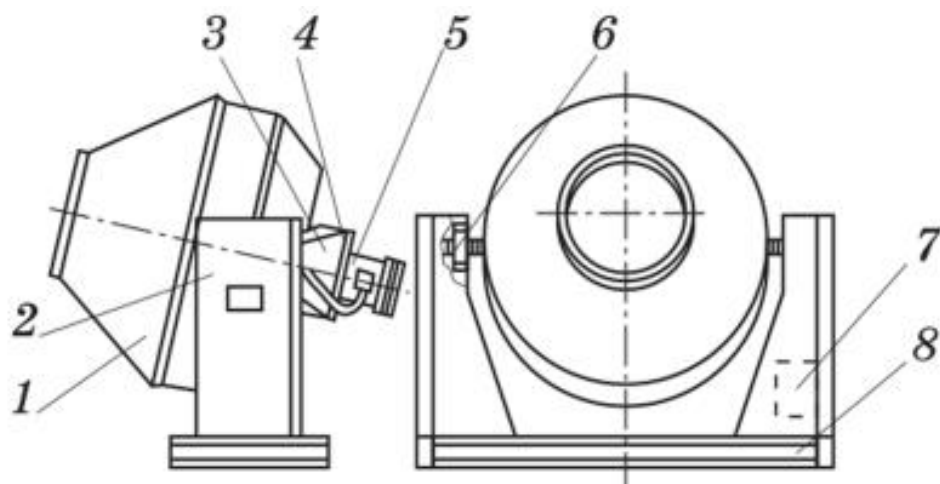


Рисунок 2.7 – гравитационный смеситель

- где 1-барабан;
- 2-стойка;
- 3-траверса;
- 4-редуктор;

- 5-электродвигатель;
- 6-цапфа;
- 7-механизм опрокидывания барабана;
- 8-рама.

В данном смесителе материалы перемешиваются в барабане, который вращается с наклонной или горизонтальной осью вращения. Компоненты после сборной воронки перемещаются в смеситель. Перемешивание проходит с помощью вращения барабана.

Упрощенная функциональная схема автоматизации бетоносмесительного узла приведена на рисунке 2.8.

Была выбрана имеющаяся SCADA система Citect необходимая для автоматизации систем управления технологическим процессом дозирования и транспортировки изделий для приготовления бетонных смесей.

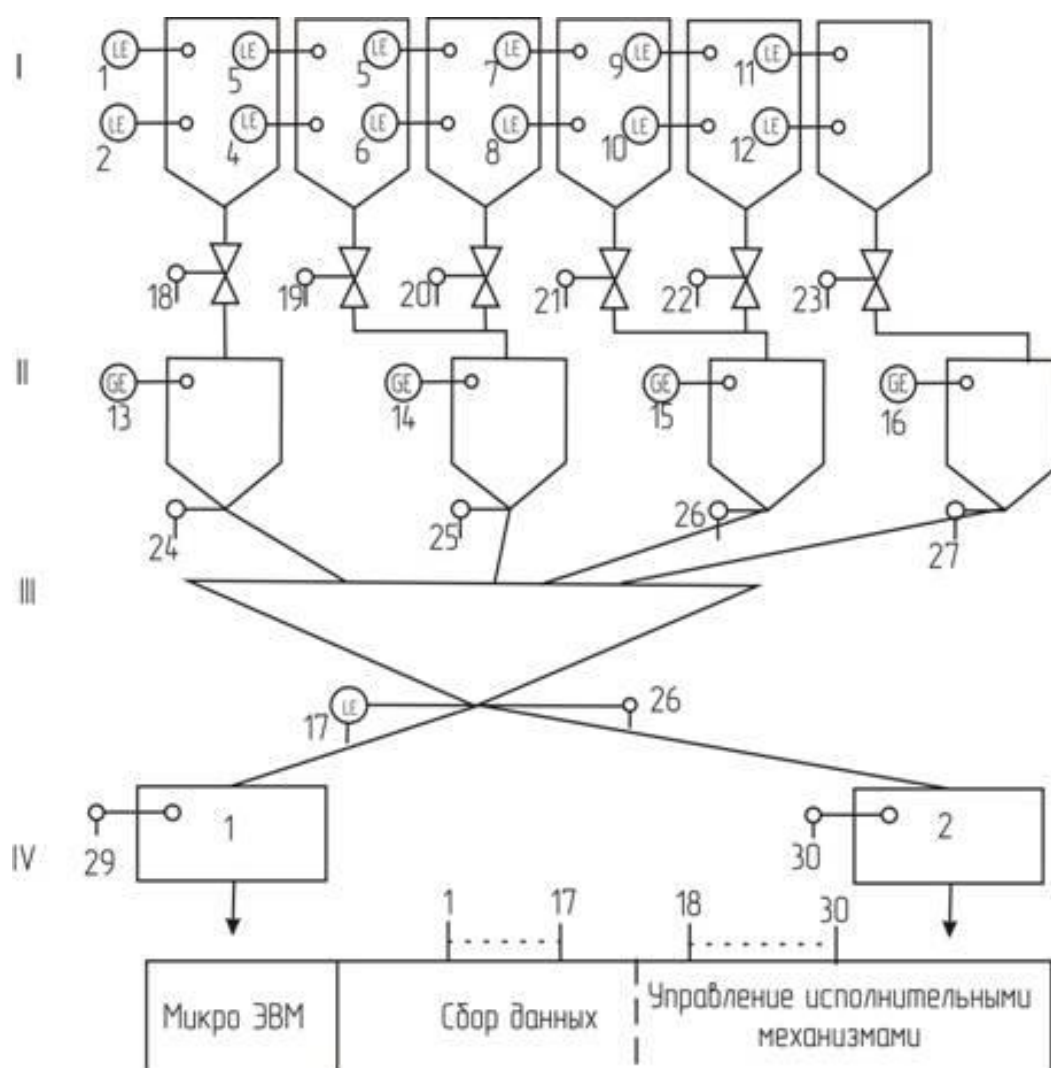


Рисунок 2.8 – Упрощенная функциональная схема автоматизации бетоносмесительного узла

## 2.5.2 SCADA Citect

АСУ ТП допускает возможность управлять и контролировать технологический процесс изготовления бетонных смесей и перемещать их в автоматическом и ручном режимах работы. Автоматизированная система управления реализовывает контроль над следующим оборудованием: смесителями, транспортерами бетонной смеси, дозаторами жидких и сухих материалов.

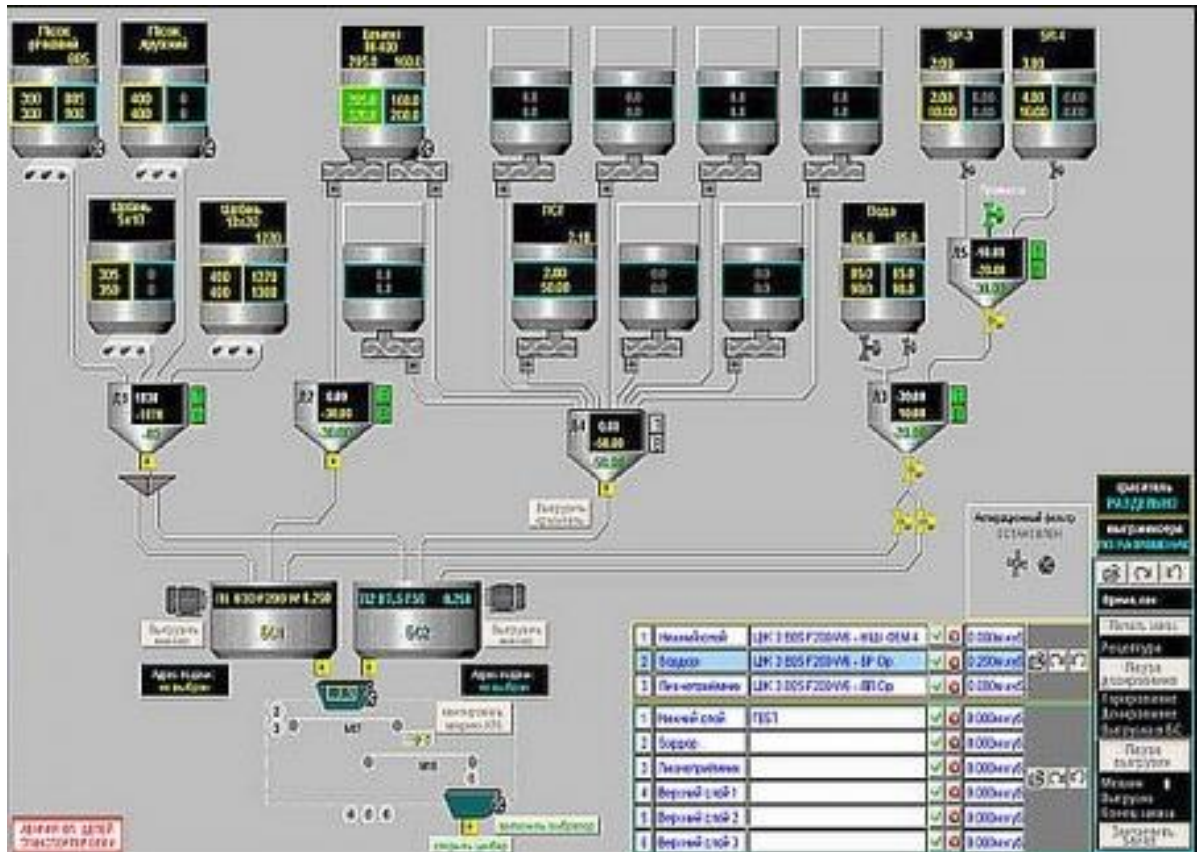


Рисунок 2.9 – схема АСУ ТП подсистемы транспортировки и дозирования цеха по производству бетонных смесей

Введение автоматизированной системы управления предоставляет технологический процесс следующим:

- Автоматический управление и контроль процессом дозирования изелий и обеспечивает точное дозирование в соответствии с необходимым количеством;
- Автоматические транспортировки и перемешивания готовых смесей;
- Диспетчерское управление технологическим процессом выгрузки и дозирования смеси в ручном режиме с пульта управления;
- Работа с аварийными ситуациями;
- Интуитивно-понятный интерфейс для необходимой работы диспетчера.
- Сбор и архивирование данных.



Рисунок 2.10 – Шкаф контроллера

Программно-технические средства состоят из следующего:

- 1) весовые терминалы;
- 2) SCADA-пакет Citect;
- 3) панели оператора;
- 4) промышленные контроллеры фирмы «Mitsubishi Electric» серии «Q».

АСУ ТП дозирования смесей подразделяется на уровни такие как:

-Нижний уровень. Нижний уровень имеет дозаторы и тензометрические датчики.

-Средний уровень. В среднем уровне находятся контроллеры,

необходимые для управления процессом перемешивания и дозирования.

-Верхний уровень. Верхний уровень располагает в себе операторские панели для управления и контроля передвижения и дозированием бетонной смеси в ручном режиме, «АРМ» оператор со SCADA-системой Citect для сбора данных их архивирования и диспетчерского контроля.



Рисунок 2.11 - АСУ ТП перемещения и дозирования бетонных смесей

- 3) возможность быстрого перепрограммирования;
- 4) гарантия необходимой точности получения поступающей информации;
- 5) возможность обработки разной поступающей информации и также обработка разных сигналов управления.

## 2.6 Контроллеры фирмы Siemens

Промышленные контроллеры «Siemens» подходят под требования для создания АСУ ТП.

Нижний уровень располагает в себе контроллеры фирмы «SIEMENS», а точнее «SIMATIC S7-300».

Главные характеристики: контроллер «SIMATIC S7-300» имеет модульную конструкцию в которые могут подключиться.

Разные уровни сложности задач имеют возможность применять разные

виды центральных процессоров CPU, имеющий одно из главных отличий в производительности, встроенные выходы и входы, большой объем памяти и коммуникационными интерфейсами.

Функциональный модуль. Представляет встроенный микропроцессор, который может функционировать, если произойдет отключения центрального процессора ПЛК.

Этот контроллер программировался с помощью программного обеспечения STEP 7.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной дипломной работе было рассмотрено разнообразие изготовления железобетонных изделий, также разработана управление работой бетоносмесительного цеха и система автоматизации.

В первой главе дипломного проекта была характеристика ТК как объекта автоматизации, описаны три способа производства, также приведены схемы технологического процесса производства железобетонных изделий. Был произведен технологический расчёт, определяющий годовую выработку линии, были произведены вычисления содержания бетонной смеси для получения наибольшей прочности.

Во второй главе в соответствии с заданием рассмотрены вопросы разработки структурно-алгоритмической части системы автоматизации бетоносмесительного цеха, приведены постановка задачи и описание алгоритма управления, описание схемы автоматизации, показаны скриншоты со Scada системы Citect, и описан принцип её работы. Также в данной главе были рассмотрены технические средства автоматизации, которые были задействованы в разработке системы автоматизации бетоносмесительного цеха.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Биттеев Ш.Б. Системное обеспечение качества стройматериалов. – Алма-Ата, 1990 г. -149 с.
- 2 Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. – Москва «Стройиздат», 1984 г. -671 с.
- 3 Белоусов А.С. Автоматизация производства и управление на заводах сборного железобетона и ДСК. -Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1975. -174 с.
- 4 Боронихин А. С. Основы автоматизации производства железобетонных изделий – Москва, 1981 г. – 273 с.
- 5 Серия «Строитель». - Москва, 2006 г. // Электронная версия на сайте [https://bookucheba.com/stroitelnoe-materialovedenie\\_1262/tehnologii-izgotovleniya-jelezobetonnyih-42796.html](https://bookucheba.com/stroitelnoe-materialovedenie_1262/tehnologii-izgotovleniya-jelezobetonnyih-42796.html)
- 6 Особенности технологии бетонирования в зимнее время — МегаЛекции. // Электронная версия на сайте <https://megalektsii.ru/s10995t3.html>
- 7 Система доступа к полному архиву законодательства СССР (1917-1992). // Электронная версия на сайте [http://www.ussrdoc.com/ussrdoc\\_communistizm/usr\\_13729.htm](http://www.ussrdoc.com/ussrdoc_communistizm/usr_13729.htm)
- 8 Рыжкова Ю.А. Планово-экономический отдел №12 – 2015 г. // Электронная версия на сайте [https://www.profiz.ru/peo/12\\_2015/sovershenstvovanie\\_proizv/](https://www.profiz.ru/peo/12_2015/sovershenstvovanie_proizv/)
- 9 Медведько С.В. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Проектирование предприятий по производству строительных материалов, изделий и конструкций», ВолгГАСА. - Волгоград, 2000 г. - 36 с. // Электронная версия на сайте <https://coursework.ru/%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%8B/77884>
- 10 Михайлова К.В. Справочник «Производство железобетонных изделий», - 2 изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1989. - 447 с. // Электронная версия на сайте <http://www.newreferat.com/ref-27687-7.html>
- 11 Константопуло Г.С. Механическое оборудование заводов железобетонных изделий и теплоизоляционных материалов. – Москва, 1988 г. – 432 с.
- 12 Стефанов В. В. Технология бетонных и железобетонных изделий. – Киев, 1982 г. -191 с.

## ОТЗЫВ

В данной дипломной работе было рассмотрено разнообразие изготовления железобетонных изделий, также разработана управление работой бетоносмесительного цеха и система автоматизации. В первой главе дипломного проекта была характеристика ТК как объекта автоматизации, описаны три способа производства. Во второй главе в соответствии с заданием рассмотрены вопросы разработки структурно-алгоритмической части системы автоматизации бетоносмесительного цеха

При выполнении дипломной работы Усенов Хасан проявил инициативу и самостоятельность в проведении исследований. Четко видна актуальность работы показал себя, как специалист готовый решать различные задачи в области научных исследований как теоретического, так и экспериментального характера.

Работа написана логически, последовательно, четко и ясно. Выполняемая работа в полной мере отвечает поставленным целям и задачам.

Научный руководитель к.т.н. асоц. проф. Ибраев А.Х.



(подпись)

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Усенов Х.М.

**Название:** Автоматизация процесса изготовления железобетонных изделий

**Координатор:** Ахмет Ибраев

**Коэффициент подобия 1:**17,3

**Коэффициент подобия 2:**9,8

**Замена букв:**6

**Интервалы:**0

**Микропробелы:**0

**Белые знаки:** 0

### После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;

обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы, по существу, и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....

*Дата*



*Подпись Научного руководителя*

## **Протокол анализа Отчета подобия**

### **заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Усенов Х.М.

**Название:** Автоматизация процесса изготовления железобетонных изделий

**Координатор:** Ахмет Ибраев

**Коэффициент подобия 1:**17,3

**Коэффициент подобия 2:**9,8

**Замена букв:**6

**Интервалы:**0

**Микропробелы:**0

**Белые знаки:**0

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем работа признается самостоятельной и допускается к защите;

обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы, по существу, и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем работа не допускается к защите.

