

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра автоматизации и управления

Жанат Әлішер Жанатұлы

«Разработка системы управления производственными потоками на  
обогачительных фабриках»

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность: 5В070200 - Автоматизация и управление

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра автоматизации и управления



**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой АиУ  
кандидат физ-мат наук  
ассоциированный профессор  
Алдияров Н.У.  
«19» май 2022 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Разработка системы управления производственными потоками  
на обогатительных фабриках»

По специальности: 5В070200 - Автоматизация и управление

Выполнил

Жанат Ә.Ж.

Рецензент

Руководитель ЦКиТТвОАиМ

Порубов Д.А.

«06» май 2022 г.

Научный руководитель

PhD, сениор-лектор

Кулакова Е.А.

«13» май 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра автоматизация и управление

5B070200 - Автоматизации и управления



**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой АиУ  
кандидат физ-мат наук  
ассоциированный профессор

*С.А.* Алдияров Н.У.

«17» мая 2022 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломной работы**

Обучающийся Жанат Әлішер Жанатұлы

Тема «Разработка системы управления производственными потоками на обогатительных фабриках».

Утвержден приказом Ректора Университета №489-П/Ө от «24» декабря 2021 г.

Срок сдачи законченной работы: «18» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломной работе: Козин В.З. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов, техническая литература.

Краткое содержание дипломной работы: а) описание технологического процесса флотации; б) анализ динамических свойств замкнутой АСУ ТП конвейера с регулятором; в) применение интегрированной среды программирования ПIA-portal для воплощения работы конвейеров; г) разработка структурной и функциональной схем АСУ ТП.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): технологическая схема автоматизации; структурная схема, функциональные схемы.

Рекомендуемая основная литература:

[1] Козин В.З., Тихонов О.Н. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов: Учеб. Для вузов – М.: Недра, 1990. - 343с.




Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. С - П.: Профессия., 2004. - 752с.

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы


Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Технологический раздел	18 января 2022 г.	
Специальный раздел	21 апреля 2022 г.	

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологический раздел	Кулакова Е.А. PhD, сениор-лектор	24.02.22	
Программный раздел	Кулакова Е.А. PhD, сениор-лектор	03.05.22	
Нормоконтролер	Сарсенбаев Н.С. ассистент профессор	12.05.2022	

Научный руководитель  Кулакова Е.А.

Задание принял к исполнению обучающийся  Жанат Ә.Ж.

Дата

"24" декабря 2021 г.

## АҢДАТПА

Дипломдық жобаның тақырыбы: "Қайта өңдеу зауыттарындағы өндірістік ағындарды басқару жүйесін әзірлеу".

Бұл құрылымды дамытудың негізгі мақсаты-зауыттық параметрлерді талдау мен бақылаудың ұтымды интерфейсін қамтамасыз ету үшін өндірістік ағындарды басқару және бақылау жүйесін ұйымдастыру.

Осы жұмыста технологиялық жабдықтың, процеске әсер ететін технологиялық процесс параметрлерінің қысқаша сипаттамасы келтірілген. Барлық бақылау, басқару, реттеу және дабыл нүктелері анықталған.

ТП АБЖ функционалдық және құрылымдық схемалары әзірленді, автоматтандырудың қажетті құралдары таңдалды. Таспаның жылдамдығын реттеу арқылы өнімділікті басқару арнасы арқылы конвейердің математикалық моделі жасалып, зерттелді. Зерттеулер MATLAB басқару жүйесінің дизайнері қосымшасының көмегімен жүргізілді. Конвейер желісін іске қосу алгоритмі жасалды, екі құбырдың мысалында ПІА–portal ортасында жобаның бағдарламалық жасақтамасы көрсетілген. Ұсынылған жүйе шикізатының тауарлық балансы есептелді.

## АННОТАЦИЯ

Тема дипломного проекта: «Разработка системы управления производственными потоками на обогатительных фабриках».

Основная цель разработки данной структуры – это организация системы управления и контроля производственными потоками, для предоставления рационального интерфейса анализа и контроля параметров работы фабрики.

В настоящей работе, приведено краткое описание технологического оборудования, параметров технологического процесса, влияющих на процесс. Определены все точки контроля, управления, регулирования и сигнализации.

Разработаны функциональная и структурная схемы АСУ ТП, выбраны необходимые средства автоматизации. Разработана и исследована математическая модель конвейера по каналу управления производительности за счет регулирования скорости ленты. Исследования АСУ ТП конвейера с регулятором проведены с помощью приложения Control System Designer MATLAB. Разработан алгоритм запуска конвейерной линии, на примере двух конвейеров показана программная реализация проекта в интегрированной среде программирования TIA–portal. Произведен расчет материального баланса сырья предложенной системы.

## ANNOTATION

The topic of the graduation project: "Development of a production flow management system at processing plants".

The main purpose of the development of this structure is the organization of a system of management and control of production processes, to provide a rational interface for analyzing and controlling the parameters of the factory.

In this paper, a brief description of the technological equipment, the parameters of the technological process that affect the process is given. All control, control, regulation and alarm points have been identified.

The functional and structural schemes of the automated control system have been developed, the necessary automation tools have been selected. A mathematical model of the conveyor along the performance control channel by adjusting the belt speed has been developed and investigated. The research was carried out using the Control System Designer MATLAB application. An algorithm for starting a conveyor line has been developed, and the software implementation of the project in the TIA–portal environment is shown on the example of two pipelines. The commodity balance of the raw materials of the proposed system is calculated.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Обогажительный процесс на фабриках	8
1.2 Характеристика технологических процессов обогажительных фабрик, как управляемых объектов	9
1.3 Стабилизация производственного потока и запаса	12
1.4 Общее устройство ленточного конвейера	13
1.5 Управление производственными потоками в процессе флотации	17
2 Расчетная часть	25
2.1 Разработка структурной схемы АСУ ТП	25
2.2 Разработка функциональной схемы АСУ ТП	27
2.3 Постановка задачи управления производственным потоком на обогажительной фабрике	29
2.4 Расчет материального баланса производственного потока поступающего на обогажительную фабрику	29
2.5 Исследование конвейера, как объект управления САР	33
2.5.1 Разработка и моделирование САР конвейера	33
2.5.2 Анализ устойчивости САР конвейера	37
2.5.3 Оценка качества переходного процесса САР конвейера	39
2.5.4 Синтезирование замкнутой системы с ПИ-регулятором	41
2.5.5 Синтезирование замкнутой системы с ПИД-регулятором	44
2.5.6 Анализ оценок качества регулирования замкнутой системы с регуляторами и без регулятора	46
2.6 Разработка программного обеспечения АСУ ТП	48
2.6.1 Требования к алгоритму управления конвейерной линией в обогажительной фабрике	48
2.6.2 Разработка алгоритма	48
2.6.3 Разработка системы управления конвейерными путями в ТИА-портал	49
Заключение	54
Список использованной литературы	55
Приложение А – Общие данные АСУ ТП	
Приложение Б – Структурная схема АСУ ТП	
Приложение В – Функциональная схема АСУ ТП конвейера	
Приложение Г – Функциональная схема АСУ ТП участка флотации	
Приложение Д – Технологическая схема участка измельчения	



## ВВЕДЕНИЕ

Под управлением представляют совокупность организационных и технических процедур, предоставляющий отстранение человека от непосредственного исполнения деятельности контроля производственными процессами с предоставлением этих функций автоматическим механизмам, в числе которых: системы автоматического контроля, регулирования, управления, сигнализации и защиты агрегатов и технологических установок. Автоматизация на обогатительных фабриках, как и в других отраслях производства, формируется от разработки локальных автоматических систем регулирования (АСР) отдельных процессов обогатительной технологии до составления автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и обогатительной фабрикой целиком. Описываются характеристики и назначения автоматизации обогатительных фабрики, ключевые принципы автоматики, спецтерминология, технологический процесс, как и порядок работы машин, характеризуются комплексом химических или физических показателей, оказывающее влияние на производительность и результативность процесса. В ходе технологического процесса данным показателям категорически противопоказано выходить за рамки назначенных показателей, которые формируются режимной картой процесса. Целью автоматизации на данном этапе является сокращение, несоответствий ключевых показателей процесса, имеющий влияние на его ход, от желаемых показателей, к минимуму. В автоматизации рассматривают автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) и автоматические системы регулирования (АСР) отдельного параметра (фактора).

Данный дипломный проект “Разработка системы управления производственными потоками на обогатительных фабриках” предоставляет основные сведения и представления автоматики, понятия автоматического контроля и управления подготовительных, основных и вспомогательных операций обогащения, приведены модели осуществления систем контроля и регулирования.

Функцией автоматизации обогатительных фабрик является улучшение технико-экономических параметров, повышение условий и надежности труда. Автоматизация обогатительных фабрик создает рост эффективности труда за счет увеличения производства продукции и сокращения количества обслуживающего персонала, снижения затрат производства с помощью понижения потерь, энергозатрат и потребления материалов, вдобавок улучшения свойств и качества финального продукта.

# 1 Технологическая часть

## 1.1 Обогащительный процесс на фабриках

Извлекаемые необходимые подземные ресурсы в форме минералов и различных органических соединений, которые в зависимости от своих физико-химических свойств могут применяться в различных сферах производства, нуждаются в обработке. Для этих задач были разработаны структурно-обособленные предприятия с конкретным родом функции – обогащительные фабрики. Это горное предприятие, выполняющее первичную (начальную) обработку твердых полезных ископаемых. Результатом данного процесса является производство необходимых продуктов, используемые в промышленных сферах производства.

На обогащительных фабриках обрабатываются:

- цветные металлы с естественными минеральными соединениями: рудные полезные ископаемые в составе которые имеют содержание меди, олова, свинца, молибдена и др.;
- черные металлы, с содержанием в своем составе железо, марганец и хром;
- полезные ископаемые без содержания металла: фосфор, графит и др.;
- уголь.

На обогащительных фабриках применяются разного рода операции:

- подготовительные (дробление, грохочение, измельчение);
- основные (флотация, сепарация);
- вспомогательные (сгущение, фильтрация, сушка).

Общая последовательность процессов и систем которые входят в процесс управления производством, показан на рисунке 1.1.

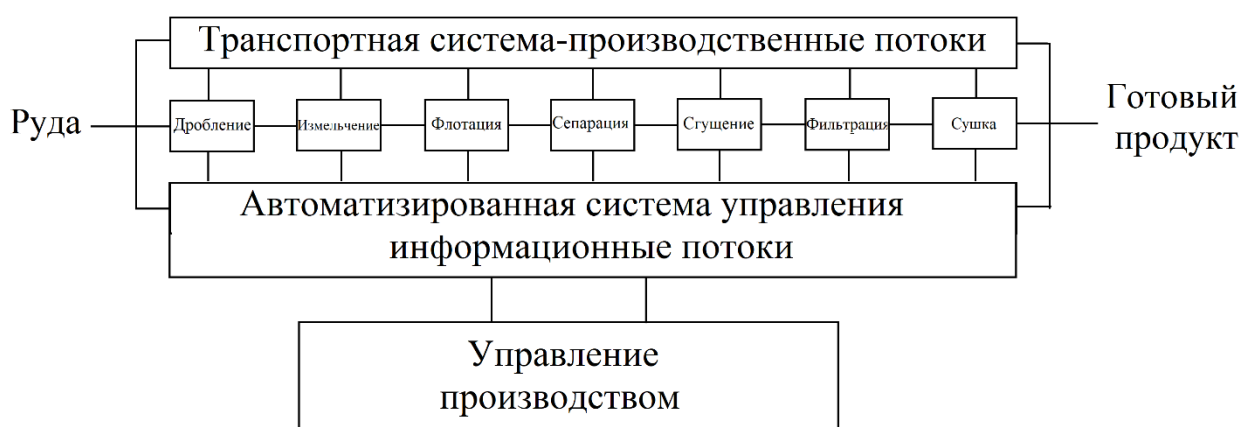


Рисунок 1.1 – Общая схема процессов обогащительной фабрикой

## 1.2 Характеристика технологических процессов обогатительных фабрик, как управляемых объектов

Учащенный рост предприятий производства на нынешнем этапе невозможно без организации высокоэффективной системы управления. При этом основной интерес на каждом уровне управления и руководства нужно быть устремлено на наиболее целесообразном потреблении трудовых, материальных, финансовых средств, природных залеж, исключении лишних потерь и издержек. Именно эти задачи должны являться стержнем при решении задач управления.

Управление - это проведение над объектом управления комплекса управляющих воздействий. Воздействия подбираются из большого количества возможных решений основывающихся на уже доступных данных о состоянии объекта управления, окружающей среды и т.п. Они ориентированны на поддержаний или улучшений функционирования данного объекта в соответствии с задачей управления.

Таблица 1.1 – Управляемые и управляющие воздействия технологических процессов обогатительных фабрик, как управляемых объектов

Технологический процесс	Управляемые величины	Управляющие параметры
1	2	3
Дробление	Мощность электропривода, потребляемая при дроблении; уровень материала в пасти дробилки	Производительность дробилки по исходной руде; частота качаний подвижного элемента дробилки; ширина разгрузочной щели
Измельчение в замкнутом цикле	Плотность и гранулометрический состав слива классифицирующего аппарата; мощность, потребляемая электроприводом мельницы; амплитуда и частота шумового сигнала, производимого мелющими телами в зоне падения; величина циркуляционной нагрузки цикла; уровень пульпы в зумпфе насоса гидроциклона	Производительность цикла по исходной руде; расход воды в мельницу и классифицирующий аппарат; изменение частоты вращения насоса гидроциклона

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Флотация	Массовая доля полезного компонента в концентрате и отходах; извлечение полезного компонента в концентрат	Расход реагентов по фронту флотации; уровни пульпы и пены во флотационных машинах; расход воздуха во флотомашине
Магнитная сепарация	Массовая доля железа в концентрате и отходах	Расход воды в ванну сепараторов; напряженность магнитного поля в рабочей зоне сепараторов; плотность пульпы поступающей на сепарацию
Сгущение	Плотность сгущенного продукта; плотность слива; уровни зоны осаждения	Расход коагулянта; площадь разгрузочного отверстия сгустителя
Фильтрация	Производительность вакуум-фильтра по кеку и влажность кека	Скорость вращения дисков вакуум-фильтра и величина вакуума
Сушка	Влажность высушенного продукта; температура отходящих газов; температура в топке и в определенном сечении барабана	Расход топлива; расход вторичного воздуха; расход материала в сушильный агрегат

Таблица 1.2 – Возмущающие параметры и помехи технологических процессов обогатительных фабрик, как управляемых объектов

Технологический процесс	Возмущающие параметры	Помехи
1	2	3
Дробление	Гранулометрический состав и физико-механические свойства исходной руды	Износ футеровки дробилки
Измельчение в замкнутом цикле	Гранулометрический состав и физико-механические свойства исходной руды	Износ мелющих тел, футеровка барабана и песковой насадки гидроциклона
Флотация	Объемный расход, плотность и гранулометрический состав	Износ рабочих органов флотомашин, температура пульпы

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3
Магнитная сепарация	Объемный расход и гранулометрический состав пульпы, поступающей на сепарацию; массовая доля железа в руде; степень раскрытия рудных минералов	
Сгущение	Объемный расход пульпы в питании, ее щелочность, гранулометрический состав и температура	Скорость фермы сгустителя
Фильтрация	Объемный расход пульпы в питании вакуум-фильтра, ее плотность, гранулометрический состав температура и вязкость	Удельное сопротивление фильтрованной ткани
Сушка	Влажность поступающего материала, его температуры, гранулометрический состав температуры первичного и вторичного воздуха	Изменение теплоемкости топлива и материала

Управляемым объектом именуют технологическое средство или технологический аппарат, внутри которого производится физическая операция, подлежащая управлению. На основании поставленных целей при разрабатывании системы управления, объект управления способен иметь в качестве системы цепь последовательных технологических комплексов. Технологические комплексы и процессы обогащения представляют собой сложные объекты управления с большим количеством входных и выходных параметров или величин (рисунок 1.2). Каждый процесс управления должен содержать в себе следующие основополагающие моменты:

- набор и обработку информации о состоянии объекта управления для дальнейшего оценивания возникшей ситуации;
- получение решения о наиболее рациональных шагах;
- реализация полученного решения.

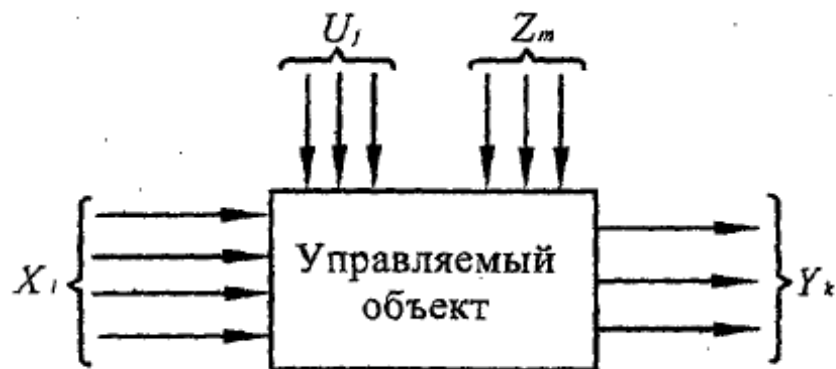


Рисунок 1.2 – Схема для классификации параметров управляемого объекта

Под пониманием входных величин  $X_i, U_j, Z_m$  в общем подразумевают производственные потоки в виде горной массы или энергии, которые поступают в аппарат, а также их характеристики, к примеру крупность руды, поступившего на дробление, значение полезного компонента в концентрате, поступающем на процесс обогащения и т.п.

Под понятием выходной величины  $Y_k$  подразумевают потоки горной массы или энергии, исходящих из аппарата, а также их характеристики.

В таблице 1.1 и таблице 1.2 представлены технологические процессы обогатительной фабрики вместе с входными управляющими параметрами и величинами и возмущающими параметрами с помехами соответственно.

### 1.3 Стабилизация производственного потока и запаса

Производственный поток – это возможность создания производственного процесса, который обладает присутствием нескольких операций, специально отведенной локацией для каждого действия и параллельной (одновременной) реализацией всех действий процесса, позволяющих непрерывному (поточному) производству. Каждое отдельное действие демонстрирует собой поставленную перед ней составляющую часть одного большого производственного процесса.

Системы автоматизации рудоподготовки, т.е АСУТП, автоматизированная система регулирования, имеют в своем составе звенья трех видов: объекты, измерительные системы, управляющие приборы (регулятор или УВМ). В целях более рационального отбора измерительных и управляющих приборов требуется обязательное ознакомление и анализ закономерностей, описывающих объекты автоматизации. Что касается систем автоматизации нижнего уровня то таковыми закономерностями для них представляются статические и динамические параметры. При направленном, математическом моделировании (нацеленный на создании определенных автоматизированных систем регулирования) сначала останавливаются на

выборе средства (или средств) управления, те есть входа  $x$  и выхода  $y$  объекта, далее находят свойства, описывающие вход и выход средств.

Математическое отображение объектов описывается технологическими законами автоматизации.

Технологический закон стабилизации производственного потока и запаса (по полной обогатительной фабрике целиком и в отдельных ее участках) — это противостояние с направлением, которое связано с фактом, переполнения или опорожнения обогащаемым минеральным материалом, функционирующих частей обогатительных оборудований, сквозь которых последовательно протекает производственный поток.

Это положение рассматривается ниже касательно к рудоподготовке (он также актуален и для сепарации).

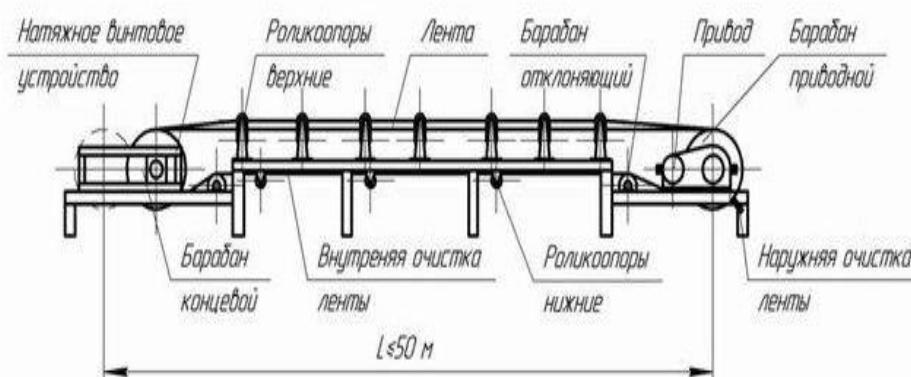
Перебои устойчивой подачи потока приводит к нарушениям работоспособности фабрики, вплоть до выхода из строя оборудований. Для организаций АСР, осуществляющих это положение, в первую очередь необходимо рассмотреть статику и динамику производственного потока для различных аппаратов на обогатительной фабрике.

При математическом обзоре объектов под статикой и динамикой производственного потока представляют логику преобразования массы откладывавшегося на запас (запасаемого) сырья  $M(t)$  и его потоков  $Q$  (т/ч) в различных аппаратах и технологических путях. Здесь технологические пути описываются как комплекс сборников и транспортных путей. Под сборником материала воспринимается какая-либо емкость, умеющая аккумулировать материал: бункера, чаны, дробилки, грохоты, мельницы, флотационные машины, сушилки и т.д. Под транспортными путями рассматривают конвейеры для сыпучих материалов, трубопроводы пульпы, жидкости, газа, вместе с тем и установки, где материал перемещается дискретными порциями.

#### 1.4 Общее устройство ленточного конвейера

Базовой основой перегрузочного узла считаются конвейеры.

Ленточный конвейер – механизм выполняющий функцию транспортера твердых горных пород в фабриках безостановочного действия с функционирующим инструментом в виде ленты.



### Рисунок 1.3 – Схема ленточного конвейера

Процесс обогащения включает два главных этапа: рудоподготовку и сепарацию. Во взглядах на управление обогащением выделим два основных подхода:

- управление с обратной связью по измеряемым технологическим показателям  $\gamma_k \beta_k \epsilon_k$ ;
- управление посредством учета фракционного состава сырья  $\gamma(\xi) \beta(\xi)$  и сепарационных характеристик  $\epsilon(\xi)$  аппаратов и схем и с возможностью прогнозирующих расчетов  $\gamma_k \beta_k \epsilon_k$ .

Таким образом, наиболее приемлимым и оптимальным процессам рудоподготовки следует организовать сырье с  $\gamma$ - и  $\beta$ -функциями, которое удовлетворяет технологическим условиям, при этом, учитывая следующего рода дополнения:

$$D \rightarrow \max; \quad R_{\max} \rightarrow R_{\min} \rightarrow \max; \quad \rho_{\max} - \rho_{\min} \rightarrow \max; \quad (1.1)$$

$$\beta_{\max} - \beta_{\min} \rightarrow \max; \quad \int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} [\bar{\beta}(\xi) - (\bar{\beta}_{\text{исх}})]^2 d\xi \rightarrow \max \quad (1.2)$$

Повышение качества фракционного состава сырья при рудоподготовке проводится одновременно с дополнительными заданиями: регулирование производственного потока, максимизирование энергетического коэффициента полезного действия при процессах измельчения и дробления руд, в том числе максимизирование действенности установок.

Ленточные конвейеры снабжаются электродвигателями, мощность которой подбирается отталкиваясь от производительности конвейера и длины ленты. На конвейерах расположены транспортеры, мощность привода которой находится в диапазоне от 6,5 кВт до 15 кВт, отталкиваясь от требуемых выходных параметров.

Привод – это устройство, благодаря которому полотно конвейера начинает движение. Конструкция включает в себя электрический двигатель, мотор–редуктор, муфту тихоходную и быстроходную, а также барабан.

Алгоритм управления по усмотрению связь управляющего воздействия от задающего воздействия  $x_3(t)$ , возмущающего воздействия и управляемой величины.

$$y(t) = A_y [x_3(t), x(t), z_o(t), z_d(t)] \quad (1.3)$$

На наружной линии ленты транспортируется перевозившаяся руда, из-за чего она считается рабочей (грузонесущей), внутренняя линия считается нерабочей (холостой). На всем расстоянии линии лента опирается роликоопорами верхней и нижней областей, отталкиваясь от строения, лента может быть в виде плоской или желобчатой формы.



Поступательное движение конвейер берет от фрикционного привода, необходимое первоначальное натяжение ленты обеспечивается натяжным устройством.

Таблица 1.3 – Описание величин уравнения (1.3)

Буквенные значения	Величина
$x_3(t)$	Управляемая величина, характеризующее осознанное задающее внешнее воздействия, действующее на объект управления
$x(t)$	Управляемая величина, характеризующее положение объекта, которое осознанно подвергают изменениям или держат в постоянных значениях при процессе управления
$z_o(t)$	Неуправляемая величина, характеризующее основное возмущение, действующее на объект управления
$z_d(t)$	Неуправляемая величина, характеризующее влияние дополнительного возмущения, действующее на управляющее устройство
$A_y$	Некоторый оператор, характеризующий объект как преобразователь сигналов

Для грамотного подхода к процессу автоматизации конвейерных линий нужно брать в расчет нижеприведенные положения:

- создание и введение для конвейерной линии систему для управления скоростью перемещения;
- разработку и введение систему безопасности и аварийной остановки установки, для устранения на фабрике несчастных случаев;
- установку системы мониторинга и дистанционного управления конвейерной линией;
- разработка и введение в эксплуатацию счетной системы и дальнейшее модернизирование системы автоматической сортировки и отборки.

Отталкиваясь от приведенных пунктов, определяются точки для контроля, управления и сигнализации для конвейера и всего участка в целом (таблицы 1.4, 1.5). Так как автоматизированная система управления создана для работы конвейеров, то у каждой последующей линии запуск и работа будет происходить аналогично предыдущему.

Таблица 1.4 – Точки контроля перегрузочного узла

Наименование измеряемого параметра	Номинальное значение	Канал модуля контроллера
CV01		
Наличие скорости движения конвейера	1 или 2	DI 0.2
Заштыбовка разгрузочного устройства	1 или 2	DI 0.3
Сход ленты	1 или 2	DI 0.4
Троссовый выключатель	1 или 2	DI 0.5
Натяжение ленты	1 или 2	DI 0.6
CV02		
Наличие скорости движения конвейера	1 или 2	DI 0.2
Заштыбовка разгрузочного устройства	1 или 2	DI 0.3
Сход ленты	1 или 2	DI 0.4
Троссовый выключатель	1 или 2	DI 0.5
Натяжение ленты	1 или 2	DI 0.6
CV03		
Наличие скорости движения конвейера	1 или 2	DI 0.2
Заштыбовка разгрузочного устройства	1 или 2	DI 0.3
Сход ленты	1 или 2	DI 0.4
Троссовый выключатель	1 или 2	DI 0.5
Натяжение ленты	1 или 2	DI 0.6
CV04–1		
Наличие скорости движения конвейера	1 или 2	DI 0.2
Заштыбовка разгрузочного устройства	1 или 2	DI 0.3
Сход ленты	1 или 2	DI 0.4
Троссовый выключатель	1 или 2	DI 0.5
Натяжение ленты	1 или 2	DI 0.6
Масса руды	0 – 80 т/час	AI 1
CV04–2		
Наличие скорости движения конвейера	1 или 2	DI 0.2
Заштыбовка разгрузочного устройства	1 или 2	DI 0.3
Сход ленты	1 или 2	DI 0.4
Троссовый выключатель	1 или 2	DI 0.5
Натяжение ленты	1 или 2	DI 0.6
Масса руды	0 – 60 т/час	AI 1

В таблице 1.5 приведены точки управления конвейерной линией перегрузочного узла.

Таблица 1.5 – Точки управления

Наименование измеряемого параметра	Номинальное значение	Канал модуля контроллера
Запуск/остановка		
CV01	1 или 2	DO 0.2
CV02	1 или 2	DO 0.3
CV03	1 или 2	DO 0.4
CV04–1	1 или 2	DO 0.5
CV04–2	1 или 2	DO 0.6
Скорость движения CV05	0.5–1 м/с	Profibus DP

На территории линии конвейеров, которые находятся вне заметной зоны для диспетчера, который проводит управление с пульта, необходимо установить двустороннюю предупредительную предупредительную звуковую или световую сигнализацию, которая включается автоматически до включения приводов конвейера.

Данный вид сигнализации обязан предоставлять подачу обратного сигнала на диспетчерский пункт управления участка трассы, которые невидны оператору, касательно готовности работы процесса помимо оповещения о запуске конвейера лиц, местонахождение которых не входит в зону видимости с пункта управления конвейером.

Также рассчитана дистанционная сигнализация и дальнейшая блокирование пуска существующих параметров конвейерной цепи, представленных в таблице 1.4.

### **1.5 Управление производственными потоками в процессе флотации**

При автоматизации технологического комплекса флотации решают следующие задачи

1. Автоматическое управление состоянием оборудования:
  - а) работа импелеров и пеноъемов флотационных аппаратов;
  - б) работа перекачных насосов;
  - в) продолжительность работы и простоя механизмов.
2. Автоматическое управление технологическими параметрами:
  - а) показателей пульпы, входящих на флотацию;
  - б) вещественный состав руды и продуктов обогащения;
  - в) потребление воздуха и реагентов во флотационных оборудованях;

- г) ионного состава пульпы;
- д) уровней пульпы и толщины слоя пены во флотационных оборудовании.

3. Регулирование технологических показателей комплекса:

- а) потребление реагентов и их концентраций по фронту флотации;
- б) потребление воздуха во флотационные машины;
- в) уровней пульпы во флотационных машинах.

4. Оптимизация технологического комплекса флотации.

Итак, имеем основные локальные системы автоматического управления флотации: уровень пульпы и пены; плотность, температуру и расход пульпы; расход воздуха, ионный состав пульпы, удельный расход реагентов.

Рассмотрение процесса флотации как систему «черного ящика» с обратной связью по технологическим данным: эпизодами определяют технологические результаты ( $\bar{\gamma}_k, \bar{\beta}_k, \bar{\varepsilon}_k$ ) для всей схемы, для отдельных циклов с помощью опробования и использования квантометров или экспресс-анализа. Названные управляющие воздействия ( $x_1, x_2, x_3, \dots$ ) изменяются шагами до максимизации показателя  $J = f(\bar{\gamma}_k, \bar{\beta}_k) \rightarrow \max$  - способом статического нахождения экстремума. Минусом данного способа является медлительность поиска из-за множества изменяющихся значений входов; быстрота поиска в связи с длительным периодом поиска по всем входам по всей видимости значительно ниже скорости дрейфа экстремизируемой характеристики  $J(x_1, x_2, \dots)$ .

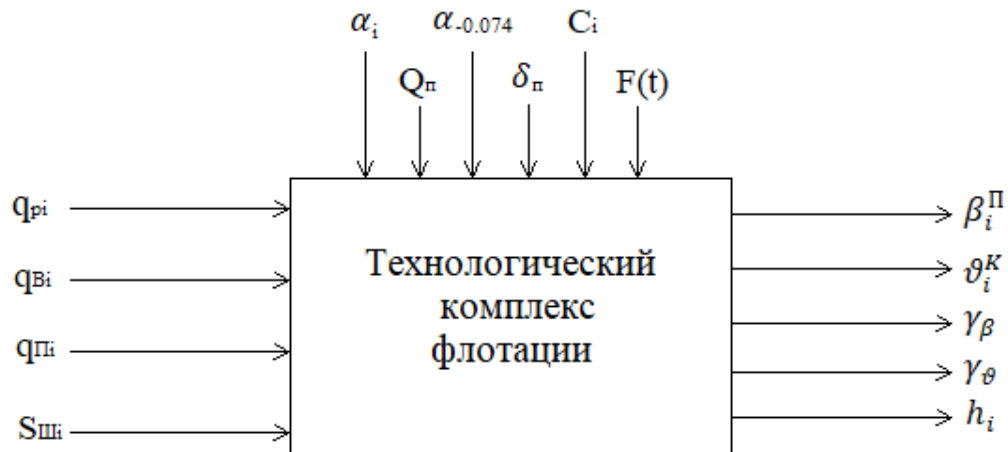


Рисунок 1.4 – Описание флотационного комплекса, как управляемого объекта

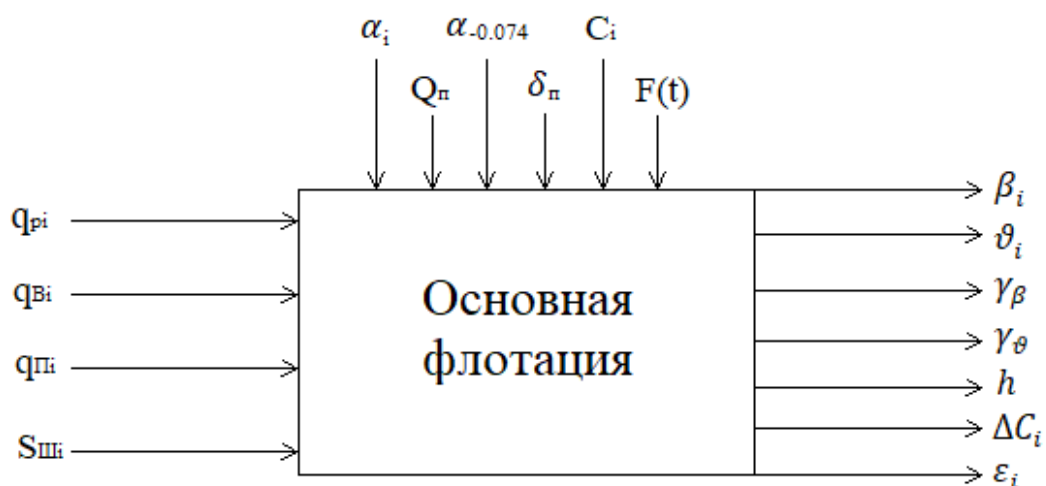


Рисунок 1.5 – Описание процесса основной флотации, как управляемого объекта

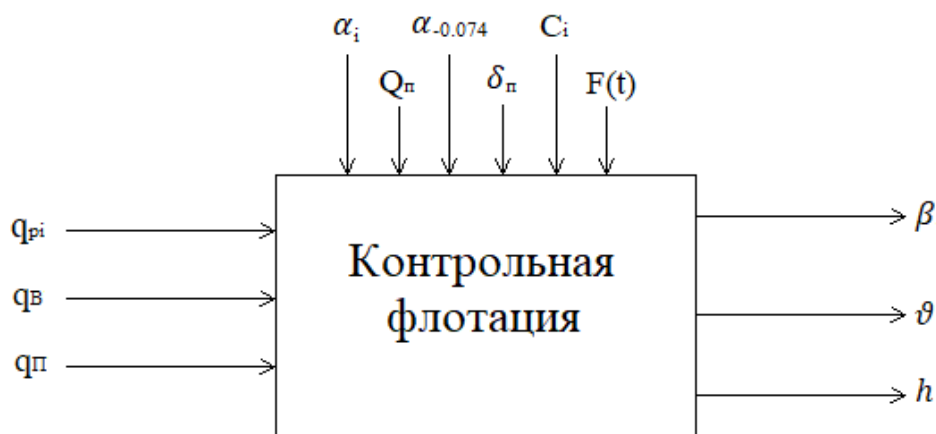


Рисунок 1.6 – Описание процесса контрольной флотации, как управляемого объекта

Простейший флотационный комплекс, в составе которого имеет основную флотацию, перемешивающую флотацию и контрольную флотацию, можно представить, как объект управления и представить следующим образом (таблица 1.6)

Таблица 1.6 – Воздействие и выходные параметры процесса флотации

Обозначения	Управляющие воздействия комплекса	Входные возмущающие воздействия	Выходные параметры технологического комплекса
1	2	3	4
$q_{pi}$	расход реагентов, кг/ч	-	-
$q_{Vi}$	расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	-	-
$q_{Pi}$	расход теплоносителя	-	-
$S_{Шi}$	положение регулирующего шибера, мм	-	-
$\alpha_i$	-	массовая доля полезного компонента, %	-
$Q_{п}$	-	объемный расход пульпы, м <sup>3</sup> /ч	-
$\alpha_{-0.074}$	-	содержание контрольного класса	-
$\delta_{п}$	-	плотность пульпы, т/м <sup>3</sup>	-
$C_i$	-	исходная концентрация реагентов, %	-
$F(t)$	-	помехи физического характера	-
$\beta_i^п$	-	-	содержание полезного компонента в пенном продукте, %
$\vartheta_i^k$	-	-	содержание полезного компонента камерном продукте, %

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3	4
$\gamma_{\beta}$	-	-	выход концентрата, %
$\gamma_{\vartheta}$	-	-	выход отходов, %
$h_i$	-	-	уровень пульпы, мм

Разумно доставлять реагенты в соответствии с подаваемым потоком руды, учитывая при этом что у каждого свой удельный коэффициент расхода, к примеру, вспениватель 15 г/т, собиратель 55 г/т, подаватель 250 г/т и т.д. Коэффициенты должны при этом брать в учет содержание металла в питании. Поток руды возможно измерить при помощи конвейерных весов в питании цикла измельчения, или расходомерами пульп, или как по состоянию исполнительного механизма в системе автоматического управления уровня пульпы.

Принятая за образец схема обогащения в своем составе имеет основную, некоторое количество перечистных ( $n$ ) и несколько контрольных ( $m$ ) чанов с возвращением промпродуктов в питание последнего чана. Эта связь является не случайной, так как именно в таких схемах при должной настройке режима отдельных сепараторов обеспечивают результирующую сепарационную характеристику полной схемы  $\varepsilon_{рез}(\xi)$ , подобную к идеальному значению  $\varepsilon_{ид}(\xi) = \bar{1}(\xi - \xi_p)$ , даже не смотря на то что характеристики  $\varepsilon_i(\xi)$  сепараторов в различных операциях находятся за пределами идеального значения.

Приступим к рассмотрению канонических схем с любым числом флотационных операций. Чтобы решить задачи управления автоматизированных систем управления технологическим процессом используют следующие формулы. Конечный коэффициент результирующей сепарационной характеристики канонической схемы зависит от сепарационных параметров отдельных флотационных операций.

$$\varepsilon_{рез} = \frac{AG}{(AG+BH)} \quad (1.4)$$

где,

$$A = \prod_{i=0}^n \varepsilon_{\Pi i} \quad (1.5)$$

$$B = \prod_{j=0}^m (1 - \varepsilon_{Kj}) \quad (1.6)$$

$$G = \sum_{l=1}^{m+1} \prod_{j=1}^{l-1} \varepsilon_{Kj} \prod_{j=l}^m (1 - \varepsilon_{Kj}) \quad (1.7)$$

$$H = \sum_{l=1}^{n+1} \prod_{i=1}^{l-1} \varepsilon_{Kj} \prod_{j=l}^m (1 - \varepsilon_{\Pi i}) \prod_{i=l}^n \varepsilon_{\Pi i} \quad (1.8)$$

$$\varepsilon_{\Pi i} = \varepsilon_{\Pi i}(\xi) \quad (1.9)$$

$$\varepsilon_{Kj} = \varepsilon_{Kj}(\xi) \quad (1.10)$$

Сепарационные параметры перечистых и контрольных процессов,  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, m$ ; при  $i = 0$  или  $j = 0$  получаем  $\varepsilon_0(\xi)$  для основной операции.

Граница разделения всей схемы  $\varepsilon_{p,рез}$  определяется из уравнения  $\varepsilon_{рез}(\xi) = 0,5$  или:

$$A(\xi)G(\xi) = B(\xi)H(\xi) \quad (1.11)$$

Крутизна  $\varepsilon'_{рез}$  в рабочей точке  $\varepsilon_{p,рез}$  определяет достоверность процесса всей сепарационной схемы:

$$\varepsilon'_{рез} = [(A'H) - (B'H)]/[2(AG + BH)]|\xi = \xi_{p,рез} \quad (1.12)$$

Машиноемкость схемы в основном определяет требующуюся производительность установок схемы на 1 т/ч производительности по сырью

$$\bar{Y}_{\Sigma} = \frac{Q_{\Sigma}}{Q_{исх}} = \int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} \varepsilon_{1,\Sigma}(\xi) Y_{исх}(\xi) d\xi \quad (1.13)$$

$$\bar{Y}_{\Sigma} \approx \varepsilon_{1,\Sigma}(\xi_{min})\bar{Y}_{min} + \varepsilon_{1,\Sigma}(\xi_p)\bar{Y}_p + \varepsilon_{1,\Sigma}(\xi_{max})\bar{Y}_{max} \quad (1.14)$$

где,  $\bar{Y}_{min} = \bar{Y}_{исх}(\xi_{min})\Delta\xi_{min}$ ,  $\bar{Y}_p$ ,  $\bar{Y}_{max}$  – выход хвостовых, промежуточных и концентратных фракций в сырье соответственно.

Сепарационная характеристика “по совокупному питанию всех процессов”:

$$\varepsilon_{1,\Sigma}(\xi) = [GH + AG \sum_{i=1}^n \left(\frac{h_i}{a_i}\right) + BH \sum_{j=1}^m \left(\frac{g_j}{b_j}\right)] / (AG + BH) \quad (1.15)$$

где,

$$a_i = \prod_{r=i}^n \varepsilon_{\Pi r} \quad (1.16)$$

$$b_j = \prod_{r=j}^m (1 - \varepsilon_{Kr}) \quad (1.17)$$

$$h_i = \sum_{l=i+1}^{n+1} \prod_{r=i+1}^{l-1} (1 - \varepsilon_{\Pi r}) \prod_{r=l}^m \varepsilon_{\Pi r} \quad (1.18)$$

$$g_j = \sum_{r=j+1}^{m+1} \prod_{r=j+1}^{l-1} \varepsilon_{Kr} \prod_{r=l}^m (1 - \varepsilon_{Kr}) \quad (1.19)$$



Сепарационные характеристики питания основных,  $i$ -ых перечистых и  $j$ -ых контрольных процессов

$$\varepsilon_{1,\text{пит.о}}(\xi) = GH/(AG + BH) \quad (1.20)$$

$$\varepsilon_{1,\text{пит.Пи}}(\xi) = AGh_i/(AG + BH)a_i \quad (1.21)$$

$$\varepsilon_{1,\text{пит.Кj}}(\xi) = BHg_j/(AG + BH)b_j \quad (1.22)$$

Вследствие применения технологических выражений (1.4)-(1.22) с использованием вычислительной машины решают ключевые задачи оптимального управления схемой, относящийся к реализации желаемого  $\varepsilon_{\text{рез}}$  схемы в целом и улучшением показателя крутизны  $\varepsilon'_{\text{рез}}$ . В таком случае существуют следующие вариации задач:

- при предложенной схеме (и предложенной машиноёмкости) максимизируют крутизну  $\varepsilon'_{\text{рез}}(\xi_p) \rightarrow \max$  выбором  $\xi_{pi}$  и  $\varepsilon'_l(\xi_p)$  флотационной операций;

- при предложенной  $\varepsilon'_{\text{рез}}(\xi_p)$  минимизируют машиноёмкость схемы  $\bar{Y} \rightarrow \min$  по формуле (Y?);

- при предложенной  $\varepsilon'_{\text{рез}}(\xi_p)$  минимизируют машиноёмкость беря во внимание время сепарации материала в процессе флотации.

При последних двух вариантах задач оптимальное решение в части  $n_{\text{опт}}$  и  $m_{\text{опт}}$  возможно потребует поправок комбинаций функциональной схемы. Для таких случаев существуют приближенные формулы для определения гибкого изменения схемы:

$$n_{\text{опт}} \approx 0,5K \left[ 1 + \sqrt{\frac{2K\bar{Y}_p + 4\bar{Y}_{\min}}{2K\bar{Y}_p + 4\bar{Y}_{\max}}} \right] - 1 \quad (1.23)$$

$$m_{\text{опт}} \approx 0,5K \left[ 1 + \sqrt{\frac{2K\bar{Y}_p + 4\bar{Y}_{\max}}{2K\bar{Y}_p + 4\bar{Y}_{\min}}} \right] - 1 \quad (1.24)$$

где,  $K = \varepsilon'_{\text{рез}}/\varepsilon'_o$  – требуемое увеличение крутизны характеристики схемы;  $\bar{Y}_{\min}$ ,  $\bar{Y}_p$ ,  $\bar{Y}_{\max}$  – выходы хвостовых фракций  $\xi \rightarrow \xi_{\min}$ , промежуточных фракций  $\xi \rightarrow \xi_p$  и концентратных  $\xi \rightarrow \xi_{\max}$  фракций питания схемы, при этом  $(\bar{Y}_{\min} + \bar{Y}_p + \bar{Y}_{\max} = 1)$ . Отсюда можно сделать вывод, что при изменении  $\bar{Y}_{\min}$ ,  $\bar{Y}_p$ ,  $\bar{Y}_{\max}$  в обязательном порядке должна изменяться конечная схема.

При рассмотрении оптимальных задач в виде первоначальных данных присутствуют разного рода управляемые величины схемы. Так, для флотации наиболее главным считается подбор оптимального времени флотации  $t_i$  в процессах. Решение такого рода задач выполняется строго на основе

вышеназванного принципа минимизации машиноёмкости схем. Для примера, результатом такого рода задачи для схемы флотации описанной в функциональной схеме апатитового сырья с фракционным составом и с обязательными технологическими показателями  $\bar{\beta}_k = 38,5\% \text{ P}_2\text{O}_5$ ;  $\bar{Y}_k = 0,2$  (20%),  $\bar{\varepsilon}_k = 91,5\%$ ,  $K = 2,3$ ,  $\bar{Y}_p = 0,2$ ,  $\bar{Y}_{min} = 0,915$ ,  $\bar{Y}_{max} = 0,385$  дало результат количество чанов для перечистой флотации  $n_{\text{опт}} = 1$ ; количество чанов для контрольной флотации  $m_{\text{опт}} = 1$ , время основной флотации равен  $t_0 = 2,3$  мин, время перечистой флотации  $t_{\text{п}} = 4,9$  мин, время контрольной флотации  $t_k = 2,9$  мин

$$n_{\text{опт}} \approx 0,5 * 2,3 \left[ 1 + \sqrt{\frac{2*2,3*0,2+4*0,915}{2*2,3*0,2+4*0,385}} \right] - 1 = 1 \quad (1.25)$$

$$m_{\text{опт}} \approx 0,5 * 2,3 \left[ 1 + \sqrt{\frac{2*2,3*0,2+4*0,385}{2*2,3*0,2+4*0,915}} \right] - 1 = 1 \quad (1.26)$$

## 2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Построение структурной схемы АСУ ТП

Наиболее оптимальной архитектурой АСУ ТП обогатительной фабрики будет являться централизованная АСУ ТП (рисунок 2.1).

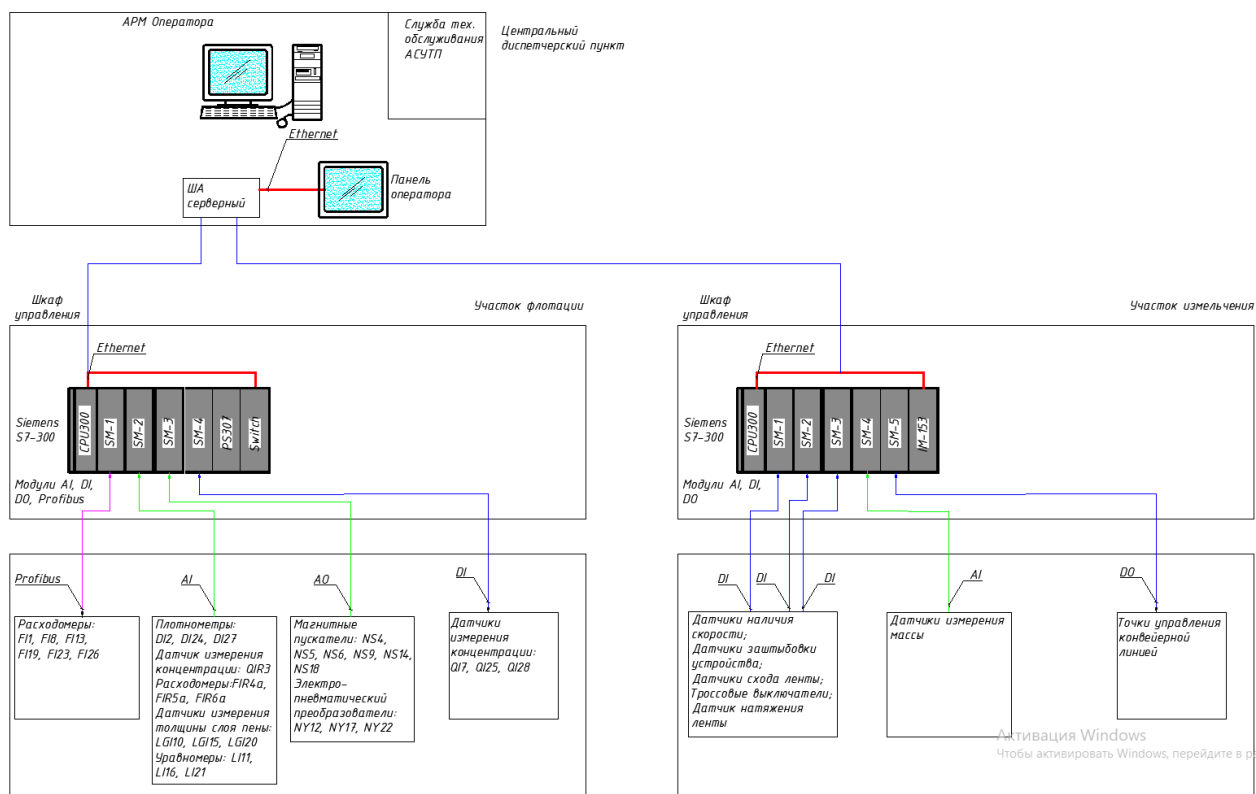


Рисунок 2.1 – Описание структурной схемы АСУ ТП

При автоматизации локальных технологических процессов, в котором оборудования расположены компактно и алгоритм работы является относительно несложным. В отличие от распределительных системы, для централизованной АСУ ТП намного легче создать программное обеспечение, с последующим согласованием работ устройств ввода/вывода. Также это и выигрыш в экономике, учитывая то что стоимость аппаратной составляющей централизованных АСУ ТП ниже аппаратной составляющей распределительных систем управления.

Система позволяет:

- непрерывное отображение информации о ходе технологического процесса;
- состояние технологического процесса, состояние оборудования;
- дистанционное управление клапанами и кранами – регулирующей арматурой.

Системой предусмотрена система автоматического контроля и оперативного управления:

- 1) технологическим процессом флотации в обогатительной фабрике:
  - измерение плотности (радиоактивные плотнометры);
  - измерение уровня пульпы (ультразвуковой уровнемер);
  - измерение расхода (расходомеры);
- 2) технологическим процессом измельчения в обогатительной фабрике:
  - датчики наличия скорости;
  - датчики заштыбовки устройства;
  - датчики расхода ленты;
  - измерение массы;
  - точки управления конвейерной линией.

Все сигналы ввода-вывода с объектов автоматизации выведены на контроллер S7-300, расположенный в шкафу. Шкафы работают в автономном режиме.

Все данные со шкафа управления поступают в центрально-диспетчерский пункт в серверный шкаф и далее на АРМ (компьютер) оператора.

В системе автоматизации предусмотрены следующие режимы управления оборудованием:

- автоматизированный режим: при переводе в этот режим автоматически выполняется все операции предусмотренные алгоритмом, в том числе и полная остановка работы оборудования по аварийным ситуациям. Этот режим считается основным;

- ручной режим: используется для пуска – наладочных работ или для управления оборудованием в нештатных ситуациях и относится в основном к электротехническому оборудованию.

Выбор режимов работы каждого технологического оборудования осуществляется оператор – технолог с помощью средств, предоставленных на мнемосхемах. Основным режимом работы технологического оборудования считается автоматизированный режим. В случае нарушения условий технологии ведения работ, система автоматизации останавливает работу технологического оборудования с выдачей сигнализации оператору, технологю. Дальнейший запуск оборудования в работу может осуществить только оператор – технолог после устранения нарушений в технологии ведения работ.

Верхний уровень системы включает в себя:

- АРМ оператора.

Средний уровень системы:

Средний уровень системы выполнен на базе ПЛК SIEMENS S7-300, осуществляющий сбор, обработку значений технологических параметров и выдающий управляющие воздействия на исполнительные механизмы в соответствии с выбранными критериями управления. Данный уровень обеспечивает стабилизацию технологических параметров флотации (уровня пульпы, расхода воздуха во флотомашины, реагентного режима процессов, щелочности пульпы и т.д.).

Нижний (полевой) уровень представлен:

- Объемными расходомерами;
- Радиоактивный плотномер;
- Датчики рН с преобразователем;
- Датчики толщины слоя пены;
- Датчики уровня пульпы Probe.

Для подключения приборов и механизмов к устройствам среднего уровня (ПЛК) используются аналоговые сигналы 4-20мА, +24В, дискретные сигналы, цифровые сигналы на Profibus. Сигналы контроля и управления оборудования поступают на модули ввода/вывода, коммуникационный модуль контроллера.

## 2.2 Построение функциональной схемы АСУ ТП

Функциональные схемы автоматизации считаются главным проектным документом, характеризующий строение и уровень автоматизации технологического процесса проектируемого процесса и обеспечение его устройствами и приборами автоматизации (включая приборы вычислительной техники). Под пониманием функциональной схемы предполагают чертежи, где с помощью условных обозначений показывается технологическая аппаратура, управляющие органы, устройства и приборы автоматизации и другие комплекты которые имеют отношение к АСУ ТП, с учетом связей между ними, таблицы спецификации и условных обозначений которые поясняют схему.

Схемы считаются одним из оснований для реализации остальных схем проекта, кроме того также для составления заявочных ведомостей в заказных спецификациях приборов и средств автоматизации. Функциональная схема согласовывается с заказчиком или организацией, выдавшей задание.

Для удержания необходимых порядков работы современного технологического оборудования пользуются тремя моделями управления: ручное и две модели с использованием технических средств – автоматическое и автоматизированное.

Ручным управлением подразумевают управление объектом управления при помощи регулирований и корректировании заданий оператором установки.

При проектировании новейших технических систем, в большинстве случаев, не используют систему ручным управлением. Данные системы не производительные и не способствуют быстрому и адекватному компенсированию поправок входных и возмущающих величин ОУ. Но не смотря на это, в данной дипломной работе, при проектировании функциональной схемы процесса флотации, данный режим управления был включен, так как в схеме она используется для пуско-наладочных работ или для управления оборудованием в нештатных ситуациях.

Автоматизированное управление базируется на применении автоматизированных систем управления (АСУ). В данной системе человек, на

основе имеющихся данных о процессе осуществляет решения по управлению. Таким образом возникает возможность решения технико-экономических задач, задач планирования и т.п. При проектировании функциональной схемы процесса флотации, данный режим управления, также, был включен, и этот режим считается основным, так как в этом режиме все операции выполняются автоматически предусмотренные алгоритмом.

При автоматическом управлении с применением системы автоматического управления (САУ) влияние на объект производится без содействия человека. Тем не менее в нынешних реалиях возможно осуществление небольшого объема задач, таких как: регулирование выходных координат производства, автоматическое слежение, минимизация (максимизация), тех или иных величин процесса, их техническая оптимизация.

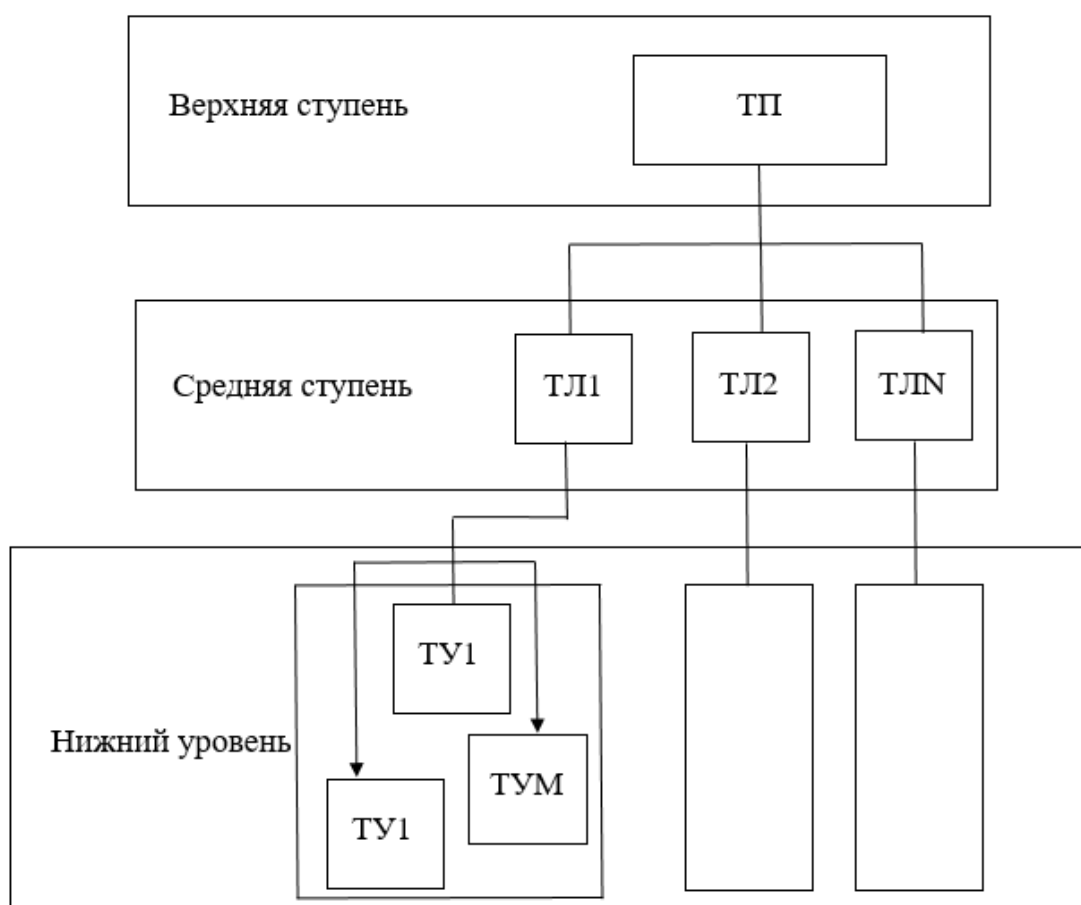


Рисунок 2.2 – Иерархическая структура технического процесса

где, ТП – технический процесс в целом; ТЛ – группа взаимосвязанных агрегатов или технологическая линия; ТУ – отдельно взятая технологическая установка либо агрегат.

Современная техническая система и кроме того каждый в отдельности взятый большой технологический процесс описывается сложной системой. Такая система включает сотни технологических агрегатов, многочисленные производственные потоки, которые в свою очередь образуют целые паутины

с прямыми и обратными связями, энергетические соединительные провода и оборудования. Управление такой большой системой можно осуществить эффективно только при помощи науки об управлении, которые базируются на современных средствах автоматического управления и вычислительной техники.

Из-за сложности анализа технологического процесса, взятого, как объект управления возникают естественные и необходимые при его изучении соблюдение некоторой иерархической структуры. Отличительной чертой данной структуры является расчленение шаг за шагом технической системы на подсистемы, посередине которой устанавливаются отношения подчиненности. Иерархическую структуру со стороны задач управления обычно представляют в виде трех уровней (рисунок 2.2):

- нижний уровень – типовые процессы рассматриваемые в отдельности;
- средний уровень – объединенные процессы или аппараты, реализующие отдельную технологическую задачу;
- верхний уровень – технический процесс рассматриваемый в целом.

### **2.3 Постановка задачи управления производственным потоком на обогатительной фабрике**

Целью дипломного проекта является разработка автоматизированной системы управления производственными потоками на обогатительных фабриках для предоставления рационального интерфейса анализа и контроля параметров работы фабрики.

Объектами управления для сыпучих материалов является конвейерная линия на участке измельчения, а для пульпы, жидкостей, газов и установок в которых поток движется дискретными сигналами являются трубопроводы на участке флотации.

Для реализации вышеперечисленной цели, необходимо регулирование производительности конвейера согласно материальному балансу, а далее доставлять реагенты в соответствии с подаваемым потоком руды.

### **2.4 Расчет материального баланса производственного потока поступающего на обогатительную фабрику**

На основании технологической схемы отдела механической подготовки руды (рисунок 2.3) и исходных данных с таблицы 2.1, найдем количество руды, попадающий на оборудования в этом участке.

Таблица 2.1 – Исходные данные

Исходные данные	Значение
Производительность участка по исходной руде, Q	280 т/ч
Насыпная плотность руды, $\rho$	2000 кг/м <sup>3</sup>
Убыток руды в течении переработки:	
- в вибрационном питателе, П1	0,5 %
- в вибрационном грохоте, П2	1 %
- в дробилке, П3	0,75 %
- в дуговом сите, П4	0,5 %
- в барабанной мельнице, П5	1 %

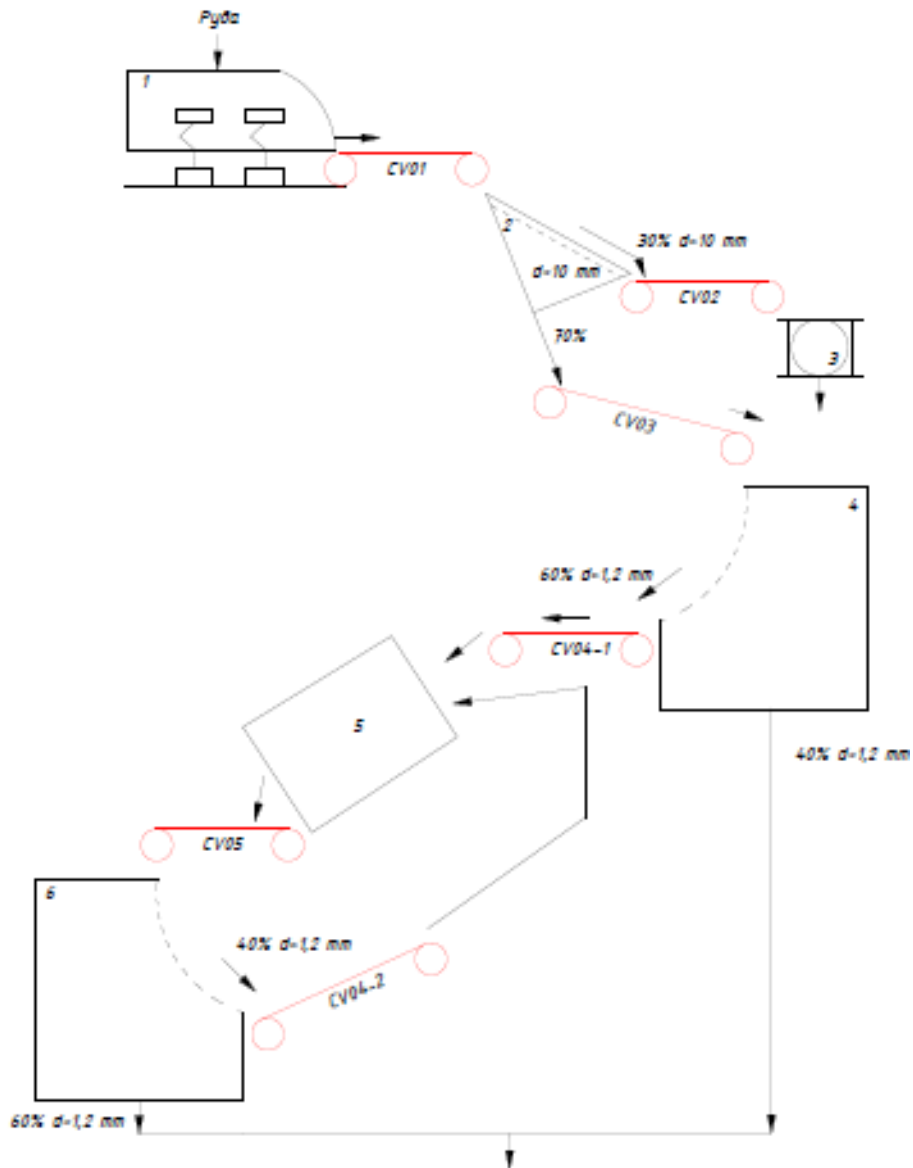


Рисунок 2.3 – Технологическая схема участка измельчения



Таблица 2.2 – Перечень формул с обозначением

Формулы	Значение обозначений
$q_{x_n} = \frac{q_n(100 - П_n)}{100}$	$q_{x_n}$ -производительность руды на участке; $q_n$ -количество руды, поступающее на участок; $П_n$ -потеря руды в течении переработки.
$q_n = q_{n-1} - q_{n+1}$	$q_n$ -убыток руды на участке; $q_{n-1}$ -количество руды, поступающее с предшествующего участка; $q_{n+1}$ -количество руды, поступающее на последующий участок.
$q_n = q_{n-1} * \frac{x \%}{100 \%}$	$q_n$ - производительность руды на участке; $q_{n-1}$ -количество руды, поступающее с предшествующего участка; $x \%$ -процент фракции руд.
$q_n = q_{nf} + q_{ns}$	$q_n$ - производительность руды на участке; $q_{nf}$ -количество руды, поступающее напрямую с предшествующего участка; $q_{ns}$ - количество руды, поступающее после дополнительной обработки.

Количество руды, попадающее на вибрационный грохот 2, принимая во внимание потери в вибрационном питателе равна

$$q_2 = \frac{Q(100-П_1)}{100} = \frac{280(100-0,5)}{100} = 278,6 \text{ т/ч} \quad (2.1)$$

Количество руды, исходящее из грохота 2

$$q_{П_2} = \frac{q_2(100-П_2)}{100} = \frac{278,6(100-1)}{100} = 275,8 \text{ т/ч} \quad (2.2)$$

Убыток руды (потери) в вибрационном грохоте 2

$$q_{др} = q_3 - q_{4д} = 82,7 - 82,0 = 0,7 \text{ т/ч} \quad (2.3)$$

На основании технологических норм работы вибрационного грохота над решётный продукт (фракция > 10мм) составляет 30 %, а под решётный продукт (фракция < 10мм) составляет 70 % от общего объема руды выходящего из грохота. Из-за этого объем руды, поступающий в дробилку 3, составит

$$q_3 = q_{П_2} * 0,3 = 275,8 * 0,3 = 82,7 \text{ т/ч} \quad (2.4)$$

Количество руды, подающееся в дуговое сито 4, принимая во внимание потери при дроблении равна

$$q_{4д} = \frac{q_3(100-П_3)}{100} = \frac{82,7(100-0,75)}{100} = 82,0 \text{ т/ч} \quad (2.5)$$

Убыток руды (потери) при дроблении

$$q_{др} = q_3 - q_{4д} = 82,7 - 82,0 = 0,7 \text{ т/ч} \quad (2.6)$$

2 Количество руды, подающееся в дуговое сито 4 от вибрационного грохота

$$q_{4гр} = q_{П2} * 0,7 = 275,8 * 0,7 = 193,1 \text{ т/ч} \quad (2.7)$$

2 Количество руды, подающееся в дуговое сито 4 от дробилки 3 и грохота

$$q_4 = q_{4д} + q_{4гр} = 82,0 + 193,1 = 275,1 \text{ т/ч} \quad (2.8)$$

Количество руды, высыпавшийся из дугового сита 4

$$q_{В4} = \frac{q_4(100-П_4)}{100} = \frac{275,1(100-0,5)}{100} = 273,7 \text{ т/ч} \quad (2.9)$$

Убыток руды (потери) в дуговом сите 4

$$q_{С4} = q_4 - q_{В4} = 275,1 - 273,7 = 1,4 \text{ т/ч} \quad (2.10)$$

Выход над решётным продуктом в дуговом сите 4 составляет 60 %, а под решётного 40 % от общего количества руды. В связи с этим, количество руды, попадающее от сита 4 в барабанную мельницу 5 равна

$$q_{5С} = q_{В4} * 0,6 = 273,7 * 0,6 = 164,2 \text{ т/ч} \quad (2.11)$$

Выход под решётным продуктом, попадающее на обесшламливание составит

$$q_{01} = q_{В4} * 0,4 = 273,7 * 0,4 = 109,4 \text{ т/ч} \quad (2.12)$$

Количество руды, высыпавшееся из мельницы 5

$$q_{5В} = \frac{q_{5С}(100-П_5)}{100} = \frac{164,2(100-1)}{100} = 162,5 \text{ т/ч} \quad (2.13)$$

Убыток руды (потери) в мельнице 5

$$q_{М} = q_{5С} - q_{5В} = 164,2 - 162,5 = 1,7 \text{ т/ч} \quad (2.14)$$

Количество руды, исходящее из дугового сита 6, принимая во внимание потери при дроблении равна

$$q_{6В} = \frac{q_{5В}(100-П_4)}{100} = \frac{162,5(100-0,5)}{100} = 161,7 \text{ т/ч} \quad (2.15)$$

Убыток руды (потери) в дуговом сите 6

$$q_{с6} = q_{5В} - q_{6В} = 162,5 - 161,7 = 0,8 \text{ т/ч} \quad (2.16)$$

Принимая во внимание то, что из дугового сита 6 над решетный продукт в количестве 40 % от попадающей руды направляется на повторное измельчение в мельницу 5, найдем его массу

$$q_{Н5} = q_{5В} * 0,4 = 162,5 * 0,4 = 65 \text{ т/ч} \quad (2.17)$$

Общий объем руды (количество), поступающее на обесшламливание

$$Q_0 = q_{01} + q_{6В} = 109,4 + 161,7 = 271,1 \text{ т/ч} \quad (2.18)$$

Убыток руды (потери) во время подготовки

$$Q_{П} = Q - Q_0 = 280 - 271,1 = 8,9 \text{ т/ч} \quad (2.19)$$

Расход руды для приобретения 1 тонны обогащенного продукта

$$\mu = \frac{Q}{Q_0} = \frac{280}{271,1} = 1.03 \text{ т/ч} \quad (2.20)$$

## 2.5 Исследование конвейера, как объекта управления САР

### 2.5.1 Разработка и моделирование САР конвейера

Структурная схема системы автоматического управления отражает связь между элементами и информацию о передаточной функции. По ней всегда можно определить временные и частотные характеристики.

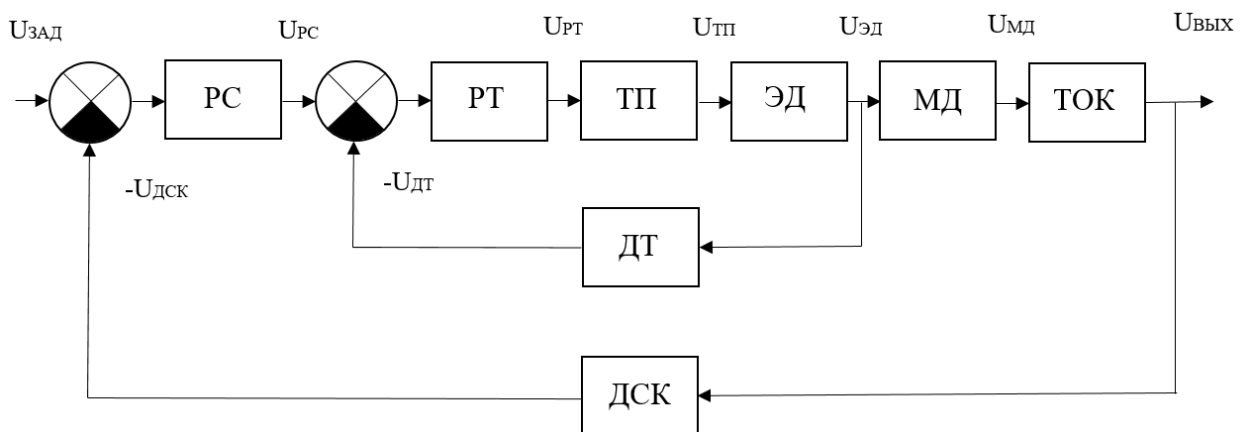


Рисунок 2.4 – Структурная схема САР конвейера

Для составления структурной схемы данной САУ необходимо вывести передаточные функции всех типовых динамических звеньев, присутствующих в ней. Структурная схема САР конвейера представлена на рисунке 2.4.

Система автоматического регулирования имеет два контура: внешний контур схемы образован тахогенератором для измерения скорости движения ленты и регулятором частоты вращения приводного электродвигателя; внутренний контур образован датчиком тока в обмотке статора двигателя и регулятором тока. Наличие внутреннего контура вызвано необходимостью поддержания необходимой перегрузочной способности электродвигателя во всем диапазоне регулирования. Данная двухконтурная схема может дать неограниченный диапазон регулирования. Элементы структурной схемы описаны в таблице 2.3.

Регулятор скорости ленты конвейера обеспечивает при переключении работы конвейера с одной скорости на другую такое изменение частоты вращения приводного электродвигателя, при котором отсутствуют опасные динамические нагрузки на ленту, что повышает надежность конвейерной установки. В качестве выходного параметра принята скорость ленты, величина которой может быть измерена с достаточной точностью.

Первым шагом для исследования типовой САР является построение уравнения или передаточной функции САР. После этого все сводится в математический анализ уравнения. По типу уравнений подразделяют линейные САР, описываемые линейными дифференциальными уравнениями, которые имеют постоянные коэффициенты; САР с запаздыванием, включающие в себя запаздывающие звенья с передаточной функцией  $\exp(-\tau p)$ ; импульсные линейные САР, сигналы которых начинают действовать в дискретные моменты времени и описываемые разностными уравнениями; нелинейные САР, содержащие нелинейные элементы.

К целям выполнения анализа относятся установление устойчивости САУ и нахождение качества переходных процессов при различного рода воздействий, как типовых, часто ступенчатых. Анализ устойчивости САР осуществляется по корням характеристического уравнения с использованием теоремы Ляпунова.

Далее определяются передаточные функции всей элементов САР.

Передаточная функция – отношение преобразования по Лапласу выходной величины к преобразованию по Лапласу входной величины при нулевых начальных условиях. Уравнение для нахождения передаточной функций выглядит следующим образом (рисунок 2.1).

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_m}{s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \dots + a_0} = G(s) \quad (2.21)$$

Таблица 2.3 – Таблица элементов структурной схемы

Позиции в структурной схеме	Элементы схемы	Типовые динамические звенья
РС	Регулятор скорости	
РТ	Регулятор тока	
ТП	Тиристорный преобразователь	Апериодическое звено 1 порядка
ЭД	Электромагнитная составляющая двигателя	Апериодическое звено 1 порядка
ДТ	Датчик тока	Пропорциональное звено
МД	Механическая составляющая двигателя	Апериодическое звено 1 порядка
ТОК	Тяговой орган ленточного конвейера	Колебательное звено
ДСК	Датчик скорости	Пропорциональное звено

Линеаризованные уравнения элементов системы представлены в дифференциальной форме и имеют вид:

Тиристорный усилитель-преобразователь:

$$T_{\text{ТП}} \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} + U_{\text{ВЫХ}} = k_{\text{ТП}} U_{\text{ВХ}} \quad (2.22)$$

Асинхронный двигатель, представлена как две составляющие, соответственно электромагнитная и механическая:

$$T_{\text{ЭД}} \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} + U_{\text{ВЫХ}} = k_{\text{ЭД}} U_{\text{ВХ}} \quad (2.23)$$

$$T_{\text{МД}} \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} + U_{\text{ВЫХ}} = k_{\text{МД}} U_{\text{ВХ}} \quad (2.24)$$

Ленточный конвейер тягового органа:

$$T_1 T_2 \frac{d^2 U_{\text{ВЫХ}}}{dt^2} + T_2 \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} + U_{\text{ВЫХ}} = k_{\text{ТО}} U_{\text{ВХ}} \quad (2.25)$$

Числовые значения параметров приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Таблица исходных данных

Обозначение	Параметр	Числовое значение
$k_{дт}$	Коэффициент датчика тока	1
$k_{дск}$	Коэффициент датчика скорости конвейера	1
$T_{тп}$	Постоянная выхода тиристорного преобразователя	0,04
$k_{тп}$	Коэффициент усиления	15
$T_{эд}$	Постоянная выхода электромагнитного двигателя	0,053
$k_{эд}$	Коэффициент электромагнитного двигателя	3,13
$T_{мд}$	Постоянная выхода механического двигателя	0,0244
$k_{мд}$	Коэффициент механического двигателя	1
$T_1$	Постоянная времени конвейера	0,031
$T_2$	Постоянная времени конвейера	0,055
$k_{то}$	Коэффициент запаздывания	1
$U_{вх}$	Напряжение питания	-
$U_{вых}$	Выходное напряжение	-

Учитывая таблицу 2.2 и уравнения (2.20-2.25) составим передаточную функцию всего конвейера:

Датчик тока и датчик скорости представлен в виде пропорциональных звеньев:

$$W_{дт}(p) = 1 \quad (2.26)$$

$$W_{дск}(p) = 1 \quad (2.27)$$

Тиристорный преобразователь:

$$W_{тп}(p) = \frac{1}{0,01p+1} \quad (2.28)$$

Передаточная функция тягового органа ленточного конвейера имеет вид:

$$W_{ток}(p) = \frac{1}{0,00096p^2+0,055p+1} \quad (2.29)$$

Передаточная функция асинхронного двигателя со значениями коэффициентов и постоянных времени:

$$W_{эд}(p) = \frac{3.13}{0,053p+1} \quad (2.30)$$

$$W_{мд}(p) = \frac{1}{0,0244p+1} \quad (2.31)$$

Нахождение передаточной функции разомкнутой системы:

$$G_I = \frac{G_{тп} * G_{эд}}{1 + G_{тп} * G_{эд} * G_{дт}} * G_{мд} * G_{ток} \quad (2.32)$$

### 2.5.2 Анализ устойчивости САР конвейера

Исследование на устойчивость, разомкнутую САР первым методом Ляпунова. Определив передаточные функций элементов структурной схемы САР, разработаем ее математическую модель (рисунок 2.5) с последующим нахождением полюсов системы (рисунок 2.6).

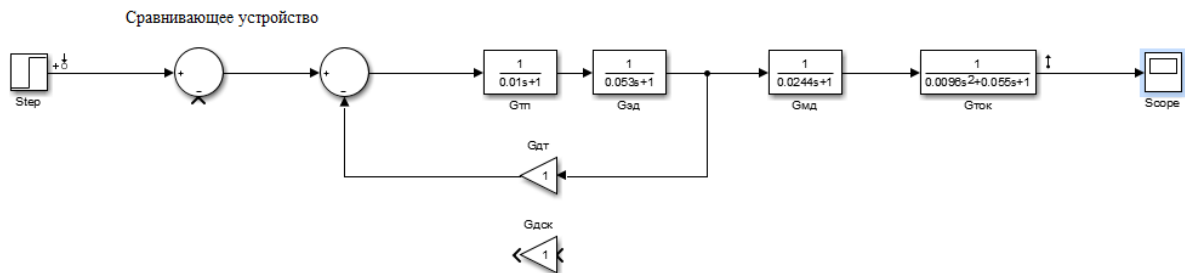


Рисунок 2.5 – Математическая модель разомкнутой системы

```
>> y=roots(P)

y =

    1.0e+02 *
    -1.0082 + 0.0000i
    -0.5924 + 0.0000i
    -0.5375 + 0.1893i
    -0.5375 - 0.1893i
    -0.0847 + 0.1417i
    -0.0847 - 0.1417i
```

Рисунок 2.6 – Код для нахождения полюсов системы

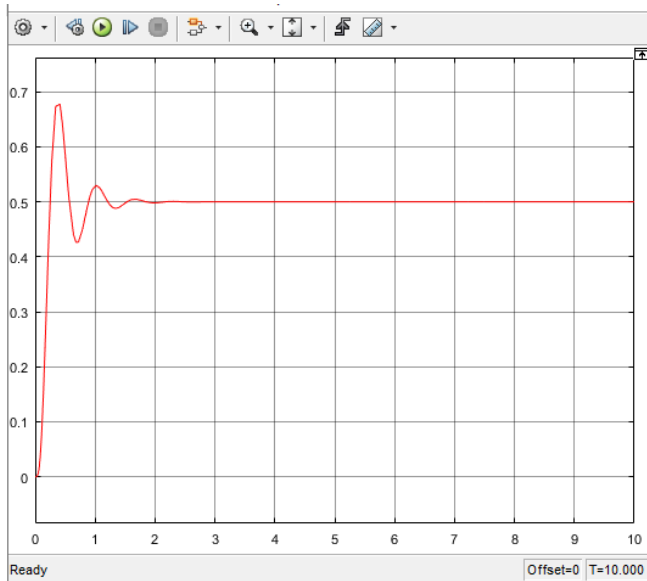


Рисунок 2.7 – Переходная характеристика разомкнутой системы

Вывод: Разомкнутая САУ является устойчивой по теореме Ляпунова, так как выполняются все условия устойчивости:

- все действительные корни отрицательные;
- переходная функция системы приходит в установившееся значение.

Далее исследуется математическая модель замкнутой системы (рисунок 2.8) с последующим нахождением полюсов (рисунок 2.9) и определением устойчивости системы.

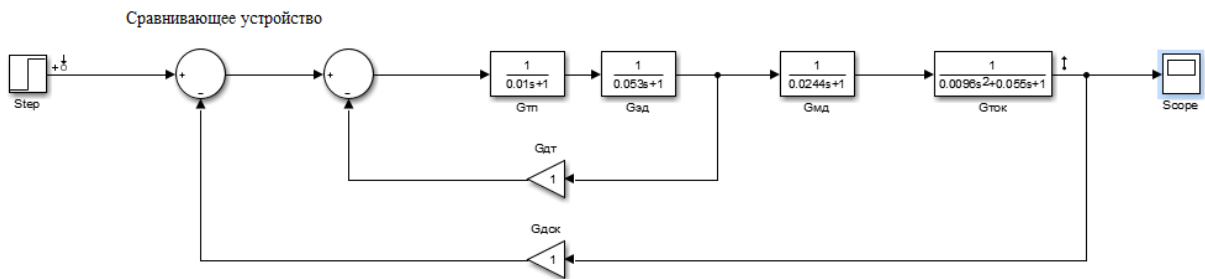


Рисунок 2.8 – Математическая модель замкнутой системы



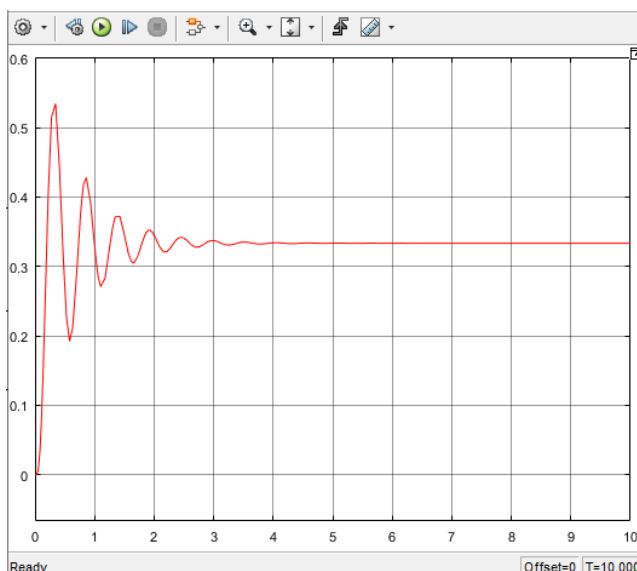


Рисунок 2.9 – Переходная характеристика замкнутой системы

```
>> y=roots(g)

y =

    1.0e+02 *
    -1.2193 + 0.0000i
    -0.9252 + 0.3030i
    -0.9252 - 0.3030i
    -0.5877 + 0.3632i
    -0.5877 - 0.3632i
    -0.3203 + 0.0000i
    -0.3448 + 0.2250i
    -0.3448 - 0.2250i
    -0.1739 + 0.0339i
    -0.1739 - 0.0339i
    -0.0149 + 0.1182i
    -0.0149 - 0.1182i
    -0.0285 + 0.0979i
    -0.0285 - 0.0979i
```

Рисунок 2.10 – Код для нахождения полюсов системы

Вывод: Замкнутая САР является устойчивой по теореме Ляпунова, так как выполняются все условия устойчивости:

- все действительные корни отрицательные;
- переходная функция системы приходит в установившееся значение.

### 2.5.3 Оценка качества переходного процесса АСУ ТП печи

Под пониманием качества регулирования, как правило, ассоциируют с единично ступенчатыми переходными функциями  $y_{ст}(t)$  САУ. Качества регулирования определяют следующими показателями:

- временем регулирования  $t_p$ , в процессе которого выходной показатель достигает к установившемуся заданию (входит в 5%-ю область около нового задания)
- степенью перерегулирования  $\sigma$ , т. е. значением амплитуды первой полуволны, выраженной в процентах от установившегося значения  $y_{ст}(t)$  при  $t \rightarrow \infty$ ;
- частотой колебаний  $m$ , т. е. числом полувольт до того момента, как переходный процесс приходит к новому заданию (обычно допускается  $m = 2 \div 4$ );
- статической погрешностью  $\Delta_{ст}$  – отклонением от задания в установившемся режиме.

Совершенной САУ считается САУ такого типа, у которой время регулирования  $t_p \rightarrow 0$  и величина переходного процесса  $y(t)$  за максимально короткое время переходит к новому заданию  $y_0$ ; чем больше время регулирования  $t_p$ , тем менее быстродействующей является САУ. Задача анализа качества регулирования САУ – найти значения упомянутых параметров, что связано с нахождением  $y_{ст}(t)$  [или  $y_{имп}(t)$ ].

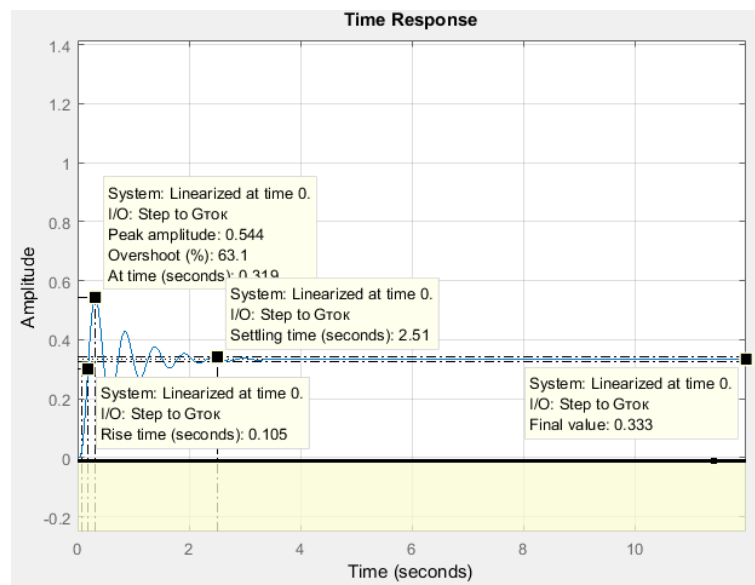


Рисунок 2.11 – Переходной процесс замкнутой системы

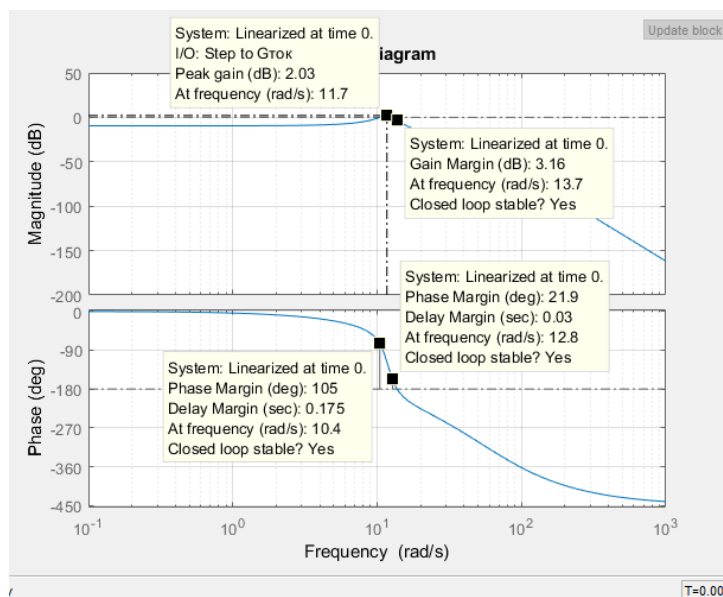


Рисунок 2.12 – ЛАЧХ и ЛФЧХ замкнутой системы

Получены следующие оценки качества:

- Peak Response: позволяет получить оценку перерегулирования (overshoot),  $P_{ov} = 63.1\%$  время достижения первого максимума,  $T_{max} = 0.319$  с.
- Settling Time: время регулирования,  $T_{set} = 2.51$  с;
- Rise Time: время нарастания,  $T_R = 0.105$  с.
- Steady State (Final value): установившееся состояние  $y_F = 0.333$ .

По полученным данным найдены все прямые оценки качества замкнутой системы:

- 1) Время регулирования:  $T_{set} = 2.51$  с;
- 2) Перерегулирование:  $P_{ov} = 63.1\%$ ;
- 3) Число колебаний – 5;
- 4) Колебательность:  $\mu = \frac{\Delta y_{max2}}{\Delta y_{max1}} * 100\% = 79\%$
- 5) Частота колебаний:  $\omega_{osc} = \frac{2\pi}{T} = 13.2$  рад/с
- 6) Время достижения первого максимума:  $T_p = 0.319$  с.;
- 7) Время нарастания:  $T_R = 0.19$  с;
- 8) Декремент затухания:  $\chi = \frac{|y_{max1} - y_{ss}|}{|y_{max2} - y_{ss}|} = \frac{0.544 - 0.333}{0.43 - 0.333} = 2.17$

## 2.5.4 Синтезирование замкнутой системы с ПИ-регулятором

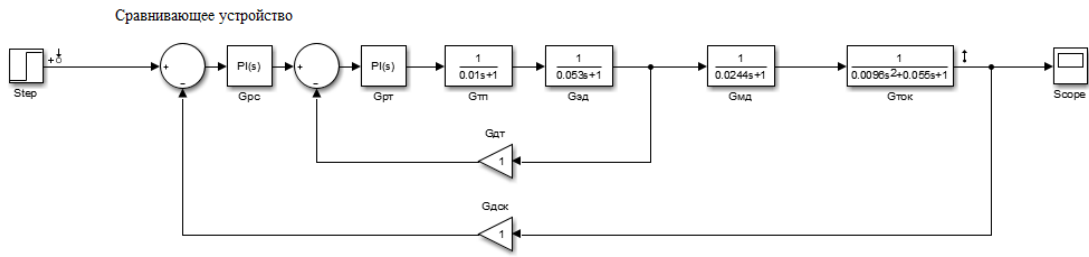


Рисунок 2.13 – Математическая модель замкнутой системы с ПИ-регулятором

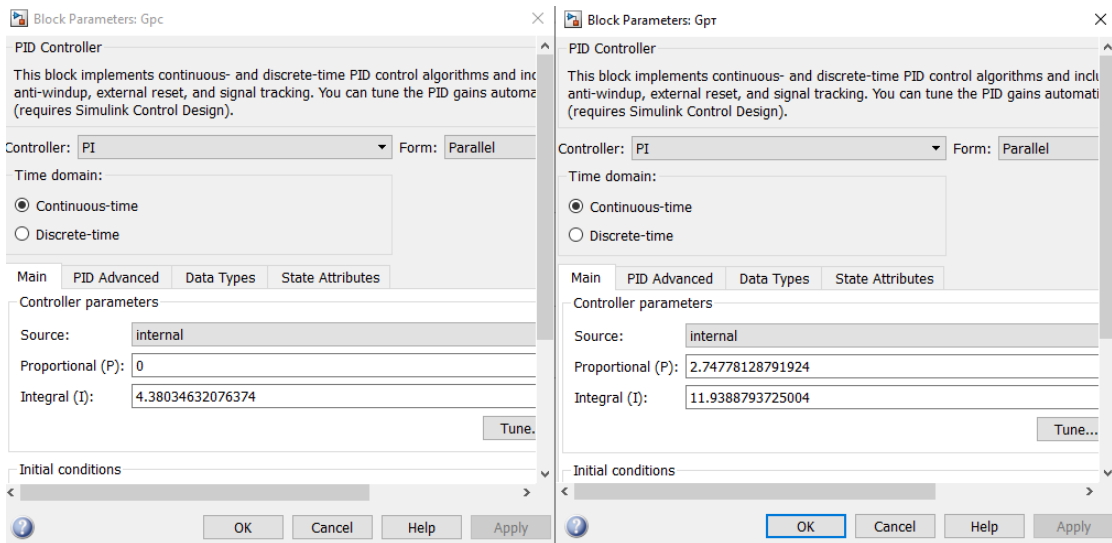


Рисунок 2.14 – Подбор коэффициентов для ПИ-регулятора

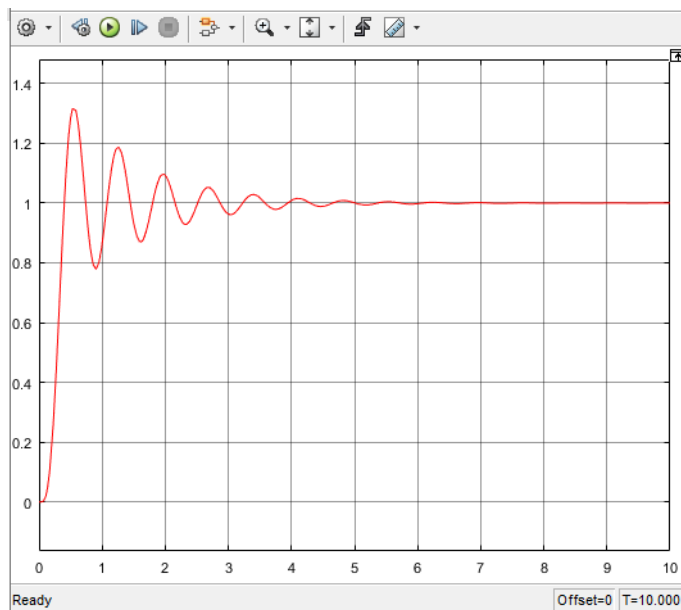


Рисунок 2.15 – Результат моделирования замкнутой системы с ПИ-регулятором

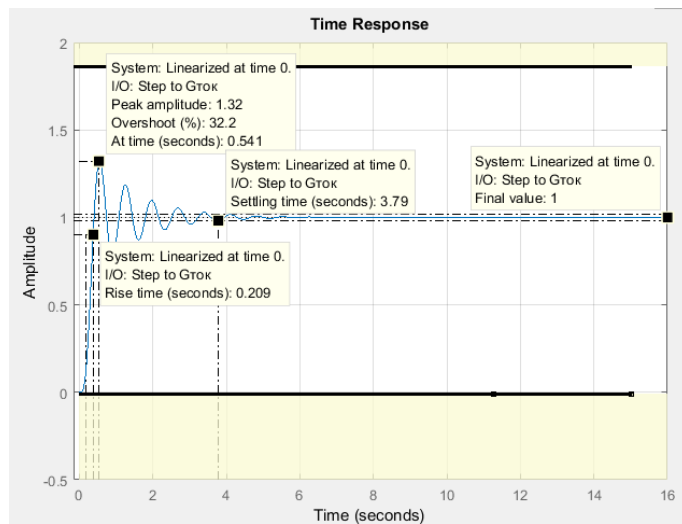


Рисунок 2.16 – Переходной процесс замкнутой системы с ПИ-регулятором

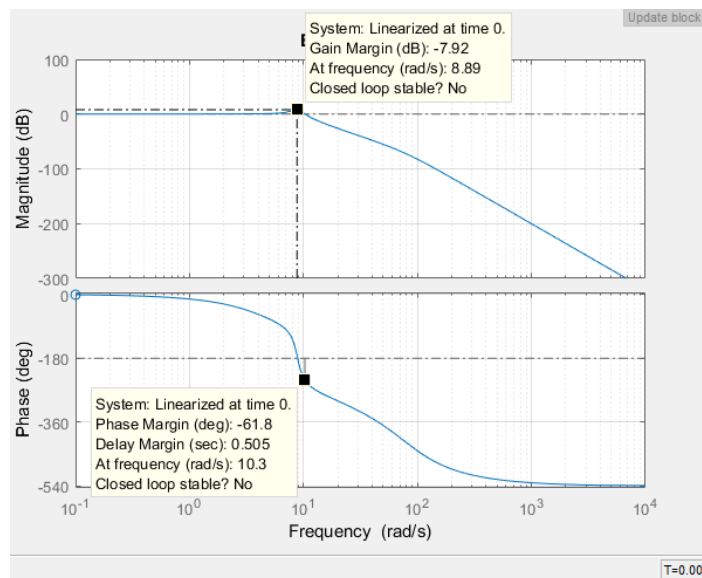


Рисунок 2.17 – ЛАЧХ и ЛФЧХ замкнутой системы с ПИ-регулятором

Получены следующие оценки качества при PI регуляторе:

- Peak Response: позволяет получить оценку перерегулирования (overshoot),  $P_{ov} = 32.2\%$  время достижения первого максимума,  $T_{max} = 0.541$  с.
- Settling Time: время регулирования,  $T_{set} = 3.79$  с;
- Rise Time: время нарастания,  $T_R = 0.209$  с.
- Steady State (Final value): установившееся состояние  $y_F = 1$ .

По полученным данным найдены все прямые оценки качества замкнутой системы:

- 1) Время регулирования:  $T_{set} = 3.79$  с;
- 2) Перерегулирование:  $P_{ov} = 32.2\%$ ;
- 3) Число колебаний – 5;

- 4) Колебательность:  $\mu = \frac{\Delta y_{\max 2}}{\Delta y_{\max 1}} * 100\% = 55\%$
- 5) Частота колебаний:  $\omega_{osc} = \frac{2\pi}{T} = 10.4 \text{ рад/с}$
- 6) Время достижения первого максимума:  $T_p = 0.541 \text{ с.}$ ;
- 7) Время нарастания:  $T_R = 0.209 \text{ с.}$ ;
- 8) Декремент затухания:  $\chi = \frac{|y_{\max 1} - y_{ss}|}{|y_{\max 2} - y_{ss}|} = \frac{0.161}{0.09} = 1.7$

## 2.5.5 Синтезирование замкнутой системы с ПИД-регулятором

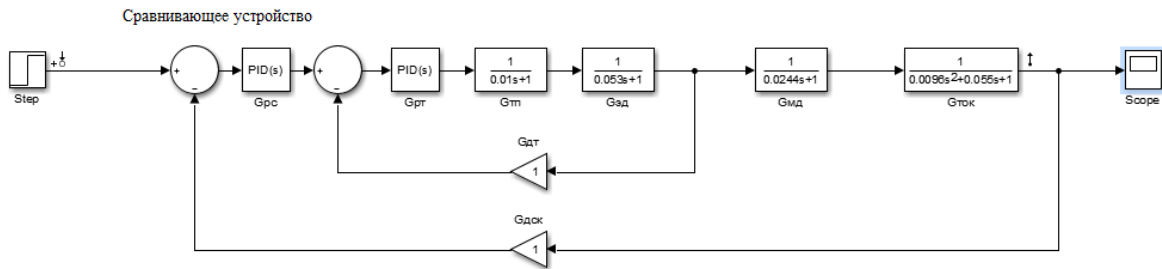


Рисунок 2.18 – Математическая модель замкнутой системы с ПИД-регулятором

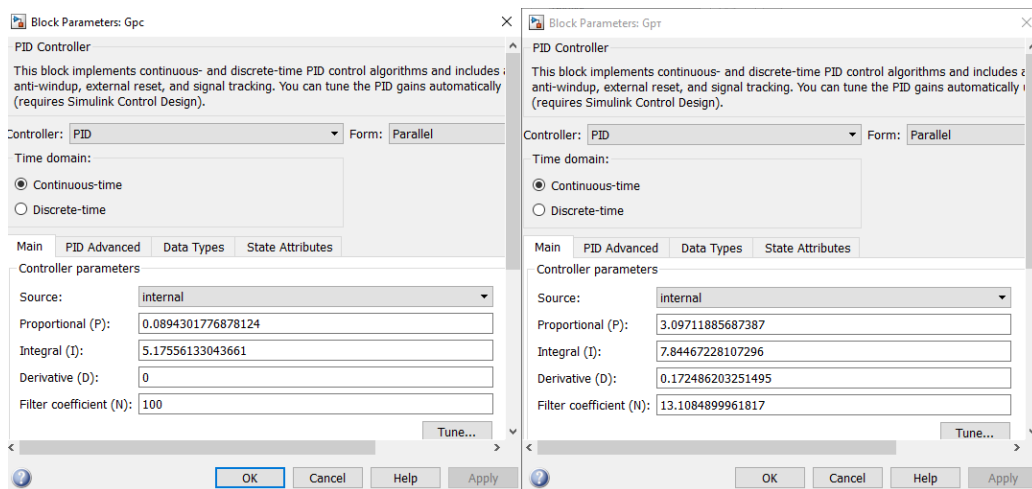


Рисунок 2.19 – Подбор коэффициентов для ПИД-регулятора

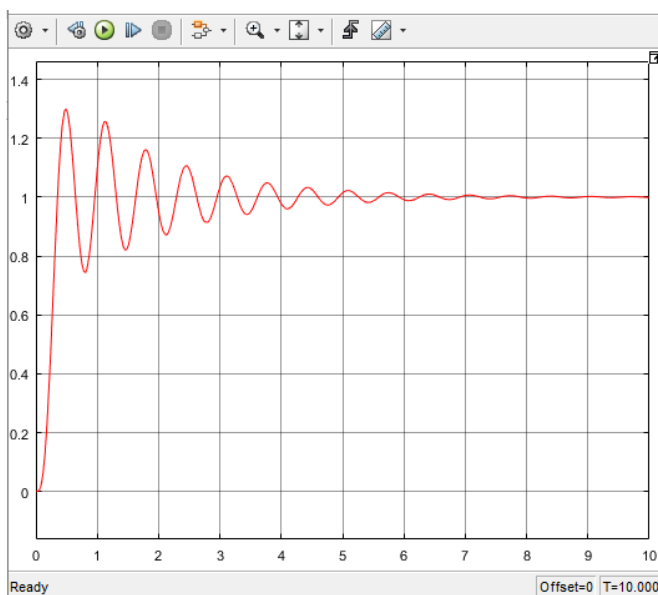


Рисунок 2.20– Результат моделирования замкнутой системы с ПИ-регулятором

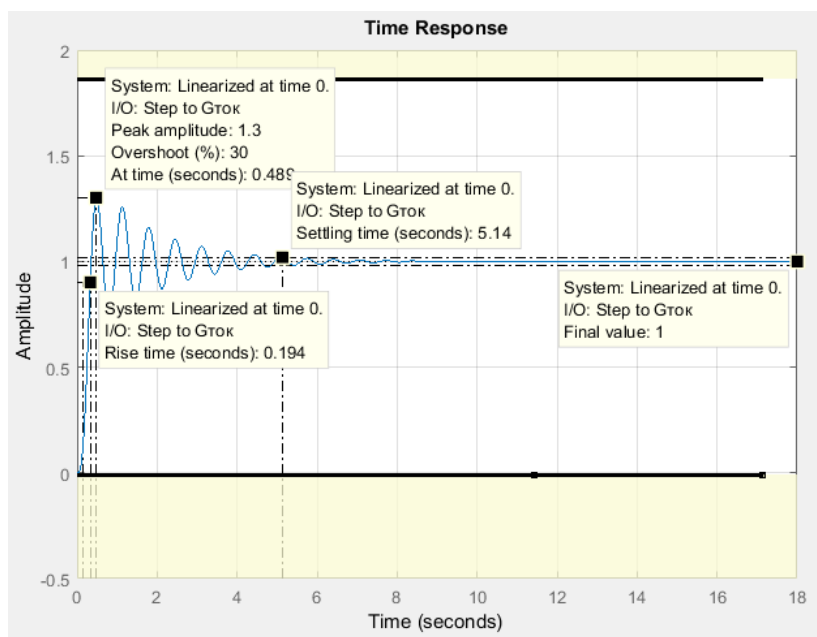


Рисунок 2.21 – Переходной процесс замкнутой системы с ПИД-регулятором

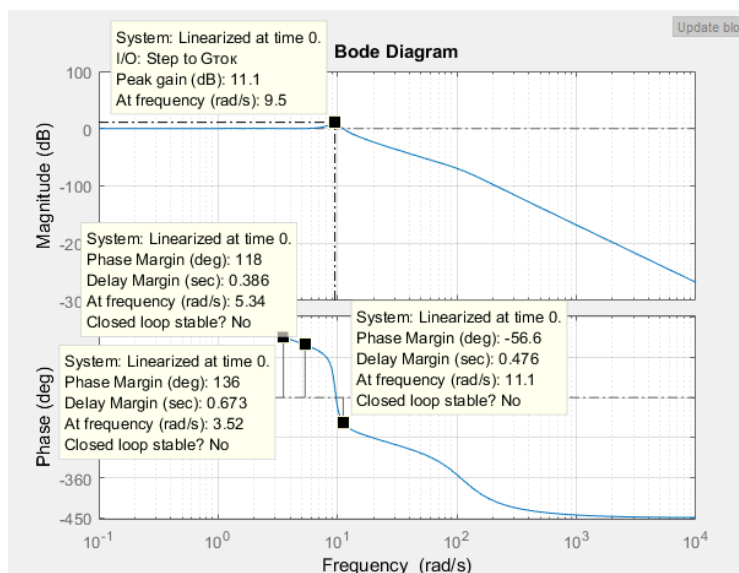


Рисунок 2.22 – ЛАЧХ и ЛФЧХ замкнутой системы с ПИД-регулятором

Получены следующие оценки качества при PID регуляторе:

- Peak Response: позволяет получить оценку перерегулирования (overshoot),  $P_{ov} = 30\%$  время достижения первого максимума,  $T_{max} = 0.489$  с.
- Settling Time: время регулирования,  $T_{set} = 5.14$  с;
- Rise Time: время нарастания,  $T_R = 0.194$  с.
- Steady State (Final value): установившееся состояние  $y_F = 1$ .

По полученным данным на найдены все прямые оценки качества замкнутой системы:

- 1) Время регулирования:  $T_{set} = 5.14$  с;
- 2) Перерегулирование:  $P_{ov} = 30\%$ ;
- 3) Число колебаний – 7;
- 4) Колебательность:  $\mu = \frac{\Delta y_{max2}}{\Delta y_{max1}} * 100\% = 86\%$ ;
- 5) Частота колебаний:  $\omega_{osc} = \frac{2\pi}{T} = 10.4$  рад/с;
- 6) Время достижения первого максимума:  $T_p = 0.489$  с;
- 7) Время нарастания:  $T_R = 0.194$  с;
- 8) Декремент затухания:  $\chi = \frac{|y_{max1} - y_{ss}|}{|y_{max2} - y_{ss}|} = \frac{0.15}{0.13} = 1.15$ .

## 2.5.6 Анализ оценок качества регулирования замкнутой системы с регуляторами и без регулятора

Для выбора наиболее рационального решения, при реализации работы САР конвейера, сравниваются оценки качества замкнутой системы без регулятора, а также с ПИ и ПИД регуляторами (таблица 2.5) и запасы устойчивости (таблица 2.6).



Таблица 2.5 – Сравнение оценок качества

Оценки качества	Без регуляторов	С PI-регуляторами	С PID-регуляторами
Время регулирования	9.34 сек	3.74 сек	5.14 сек
Перерегулирование	84.8%	32.2%	30%
Число колебаний	19	5	7
Колебательность	82%	55%	86%
Частота колебаний	13.2 рад/с	10.4 рад/с	10.4 рад/с
Время достижения первого максимума	0.28 сек	0.541 сек	0.489 сек
Время нарастания	0.17 сек	0.209 сек	0.194 сек
Декремент затухания	1.2	1.7	1.15

Таблица 2.6 – Сравнение запасов устойчивости

Запас устойчивости	Без регуляторов	С PI-регуляторами	С PID-регуляторами
По амплитуде	3.16 dB	7.92 dB	$+\infty$
По фазе	21.9	61.8	56.6

Для наглядности, было воспроизведено сравнение переходных функций замкнутой системы без регулятора, а также с регуляторами ПИ и ПИД.

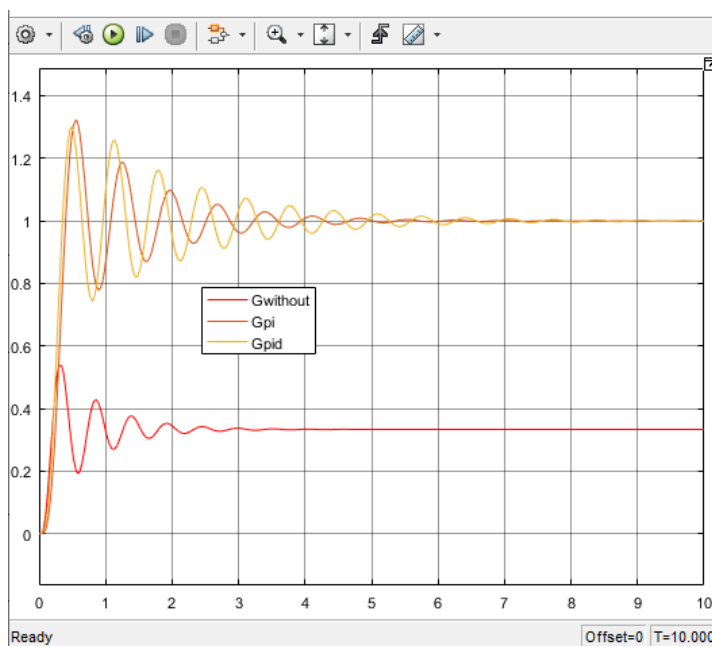


Рисунок 2.23 – Сравнение переходных характеристик

## **2.6 Разработка программного обеспечения АСУ ТП**

### **2.6.1 Требования к алгоритму управления конвейерной линией в обогатительной фабрике**

В производстве автоматизация конвейерных путей осуществляется по двум базовым методам: дистанционное управление, при данном управлении автоматизируется старт и пауза конвейера; автоматизированное управление, при данном управлении приводные двигатели автоматически выключаются, если был нарушен режим работы конвейерной линии или его отдельных звеньев.

На основании требований, которые предъявляются к системе автоматизированного управления конвейерной линией, проектируемая система должна предоставлять:

- начало работы конвейеров в обратном направлении грузопотоку. Этим исключается опасность образования завала в месте перегрузки. Данным пунктом исключена опасность при котором может образоваться завал в месте перегрузки. При это сигнал запуска на последующий конвейер подается только после того, как грузонесущий орган заработавшего конвейера разгонится до требуемой скорости;

- система управления предоставляет при непредвиденном отказе одного из конвейеров автоматическую остановку всех конвейерных линий, которые подают груз на аварийно остановленную. При этом эксплуатация остальных конвейеров продолжает функционировать, дабы освободить тяговой орган от груза;

- слежение за временем пуска конвейеров. При затянувшемся пуске конвейер должен отключиться и предотвратить запуск остальных конвейеров. Продолжительный запуск сигнализирует об неполадках в функционировании электропривода или об проскальзывании ленты, что может способствовать к ее возгоранию;

- аварийную остановку конвейера и всех конвейеров, подающих груз на аварийно остановившийся при затянувшемся времени пуска конвейера, снижении скорости ленты конвейера, обрыве тягового органа, перегрузке электродвигателя конвейера, перегреве подшипников приводных барабанов, образовании завала в местах перегрузки, сходе ленты конвейера.

### **2.6.2 Разработка алгоритма**

Алгоритм, предложенный в данном диплом проекте годится под все требования, предъявляемые к пункту 2.6.1. Он представлен на рисунке 2.24.

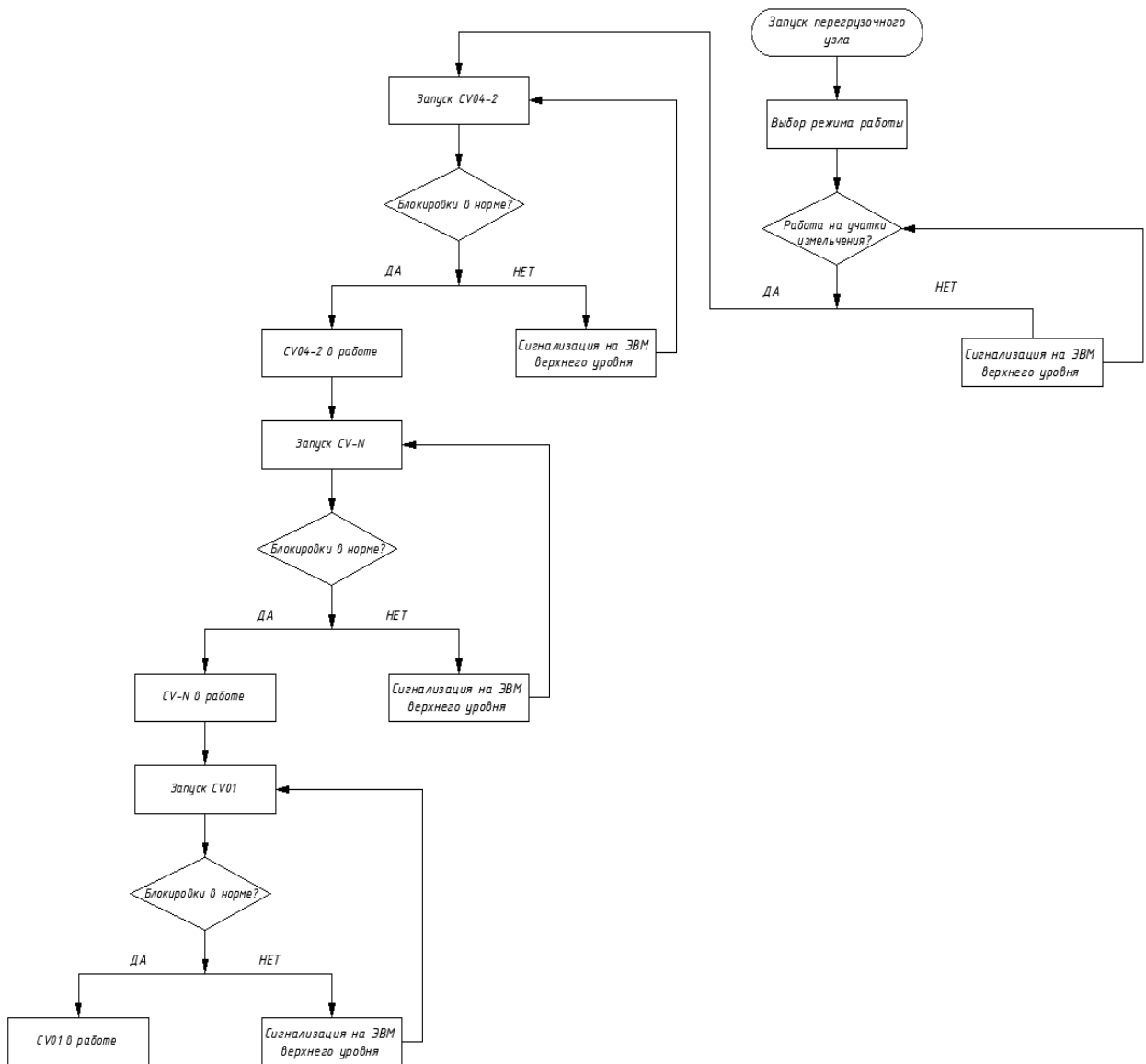


Рисунок 2.24 – Алгоритм запуска конвейеров на участке измельчения

### 2.6.3 Разработка системы управления конвейерными путями в ТИА-портал

Создание программы для запуска и управления конвейерными путями в участке измельчения обогатительной фабрики будет продемонстрирована в интегрированной среде программирования ТИА-portal. Алгоритм работы конвейерных путей на данном участке был продемонстрирован на рисунке 2.24. Данная программа реализует работу: запуска конвейерных линий; считывание и регистрирование массы поступающей руды; отключения определенных конвейеров, а в дальнейшем и отключение всего участка измельчения в случае срабатывания одного из датчиков на конвейерном пути.

Последовательность действий при создании программного обеспечения АСУ ТП конвейерных путей на участке измельчения обогатительной фабрики:

1. Разработка нового проекта.
2. Конфигурация аппаратуры нового проекта (сбор контроллера, выбор CPU, блоков питания, коммуникационных модулей ввода-вывода).
3. Определение и настраивание адресов коммуникационных модулей ввода-вывода.
4. Разработка и введение таблицы символов.
5. Создание и написание логики работы оборудования в программных блоках.

Для разработки системы управления производственными потоками на участке измельчения обогатительной фабрики были выбраны следующая конфигурация аппаратной части (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Аппаратная организация PLC участка измельчения

№ слота	Наименование модуля	Номер модуля	Назначение
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0	Модуль питания
2	CPU 314C-2 DP	6ES7 314-6CH04-0AB0	Процессорный модуль
3	DI 32x24VDC	6ES7 321-1BL00-0AA0	Модуль ввода дискретных сигналов
4	DO32x24VDC/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0	Модуль вывода дискретных сигналов
5	AI2x12BIT	6ES7 331-7KB02-0AB0	Модуль ввода аналоговых сигналов
6	AO2x12BIT	6ES7 332-5HB01-0AB0	Модуль вывода аналоговых сигналов

Конфигурация собранного контроллера с заполненными аналоговыми и дискретными модулями ввода-вывода сигналов показана на рисунке 2.25.

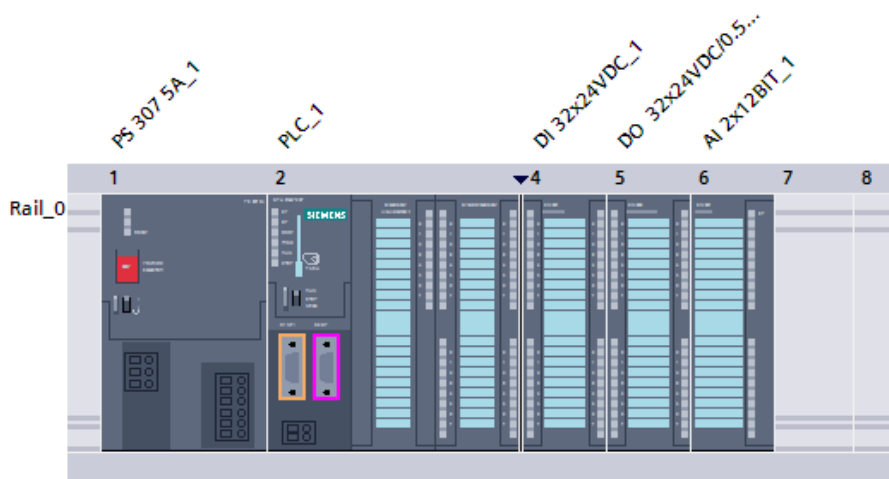


Рисунок 2.25 – Конфигурация контроллера

Далее разрабатывается программа работы конвейерных линий согласно описанному на рисунке 2.24 алгоритму работы участка измельчения. На конвейере CV01 имеются весы для считывания массы поступающей руды, исходя из этого нужно считывать информацию о весе в CPU контроллера и дальнейшее использования этого сигнала в программе. Данный процесс масштабирования сигнала представлен на рисунке 2.26.

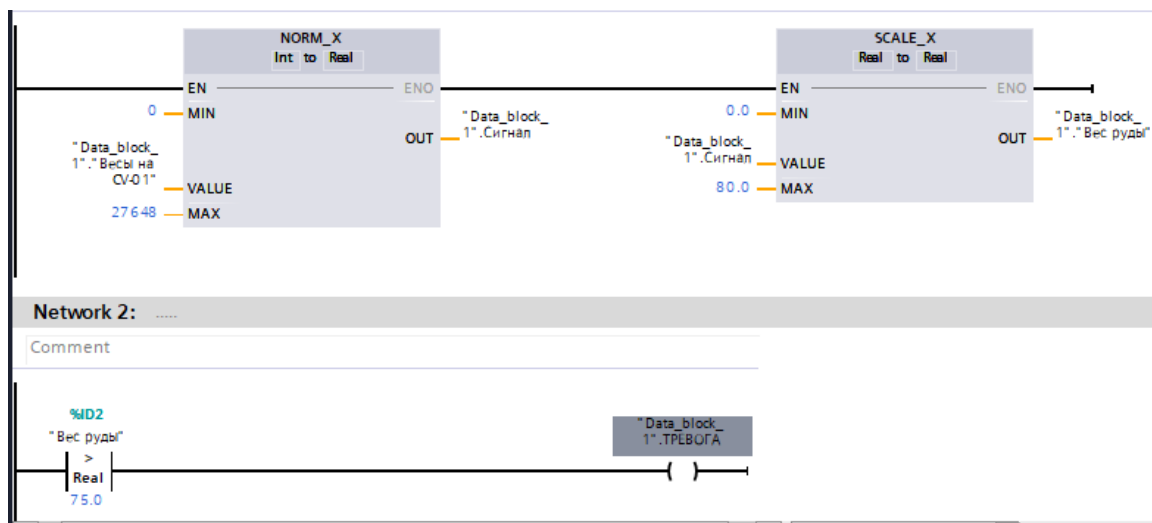


Рисунок 2.25 – Масштабирование и сравнение аналогового сигнала

	Name	Data type	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible...
1	Static							
2	Весы на CV-01	Int	0	26000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Сигнал	Real	0.0	0.9403935	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Вес руды	Real	0.0	75.23148	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ТРЕВОГА	Bool	false	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Рисунок 2.26 – Результат программы масштабирования

Данная программа может быть использована в качестве сигнализации превышения веса, результат показан на рисунке 2.26, где после превышения заданного веса сработала “ТРЕВОГА”.

Далее создается алгоритм работы конвейерных линий на участке измельчения (рисунок 2.27).

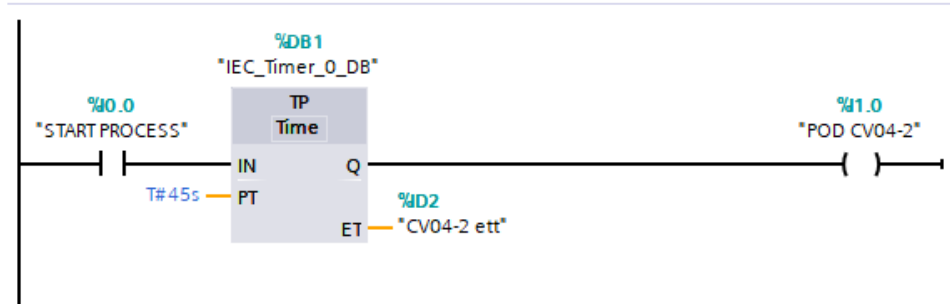


Рисунок 2.27 – Программа запуска участка измельчения



Рисунок 2.28 – Программа запуска первого с конца конвейера на участке измельчения

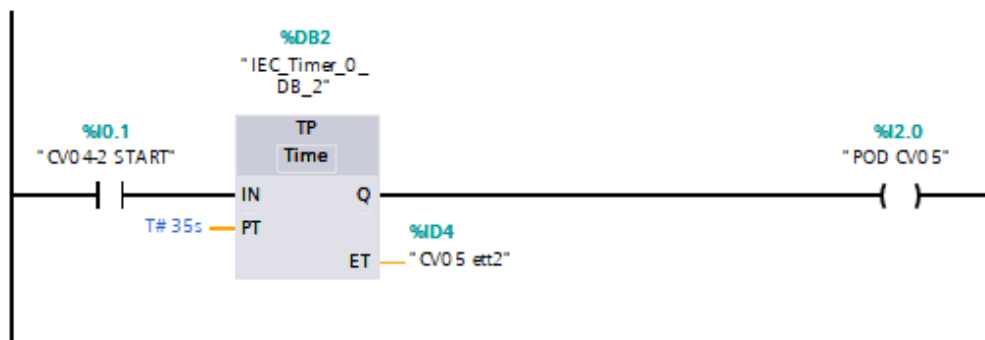


Рисунок 2.29 – Программа запуска последующего конвейера CV05 на участке измельчения

Таймер используется для задержки включения датчика скорости.

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Visibl...	Comment
1	CV04-2 Скорость движения к...	Default tag table	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	CV04-2 Датчик заштыбовки	Default tag table	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	CV04-2 Сход ленты	Default tag table	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	CV04-2 Троссовый выключат...	Default tag table	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	CV04-2 Натяжные ленты	Default tag table	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	CV01 Масса руды	Default tag table	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	START PROCESS	Default tag table	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	CV04-2 START	Default tag table	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	POD CV04-2	Default tag table	Bool	%I1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	CV04-2 Задержка скорости	Default tag table	Time	%ID1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	CV04-2 ett	Default tag table	Time	%ID2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	CV05 Скорость движения кон...	Default tag table	Bool	%I1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	CV05 Датчик заштыбовки	Default tag table	Bool	%I1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	CV05 Сход ленты	Default tag table	Bool	%I1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	CV05 Троссовый выключатель	Default tag table	Bool	%I1.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	CV05 Натяжные ленты	Default tag table	Bool	%I1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	CV05 START	Default tag table	Bool	%I1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	POD CV05	Default tag table	Bool	%I2.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	CV05 Задержка скорости	Default tag table	Time	%ID3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	CV05 ett2	Default tag table	Time	%ID4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	CV05 ett1	Default tag table	Time	%ID5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рисунок 2.30 – Фрагмент таблицы тегов

В данном разделе дипломного проекта была продемонстрирована функционирование программы конвейерной линии на участке измельчения, разработанная в среде программирования TIA-портал и языка Simatic Step 7 V15 Basic – для программируемых контроллеров Simatic S7–300.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была разработана АСУ ТП производственными потоками на обогатительных фабриках, которая упрощает работу персонала фабрики, также позволяет осуществлять основные производственные процессы, предоставляющее эффективное функционирование отдельных участков обогатительной фабрики, что предоставляет высокую производительность и продуктивность всей фабрики.

В процессе работы, над дипломным проектом, были предъявлены задачи и требования для эффективного функционирования отдельных участков обогатительной фабрики с дальнейшим рентабельным процессом управления производственными потоками. Были описаны и рассмотрены: технологический процесс участка измельчения; функциональные схемы конвейера и участка флотации; оптимальные задачи управления процессом флотации; процесс управления конвейерными линиями на участке измельчения; процесс управления подачи жидкостей, пульп, воздуха на участке флотации; рассчитан материальный баланс участка измельчения с нахождением погрешности; САР конвейера с дальнейшим изучением его оценок качества и синтеза с ПИ и ПИД регуляторами.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Козин В.З., Тихонов О.Н. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов: Учеб. Для вузов – М.: Недра, 1990. - 343с.
- 2 Цыбуленко П.В., Оника С.Г., Ковалева И.М., Паливода Э.Н. Обогащение и переработка полезных ископаемых: Учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 2020. - 84с.
- 3 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. С - П.: Профессия., 2004. - 752с.
- 4 Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. - 712с.
- 5 Прокофьев Е.В. Автоматизация обогатительных фабрик: учебное пособие. - М.: Недра, 2006. - 121с.
- 6 Руководство по программированию S7-1200/S7-1500. Электронный ресурс  
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6f74436a53942bf8f1c7b6ed34d2ae72e92ed8a8/programming-guideline-v14-rus.pdf> (дата обращения 15.04.2022 г.)
- 7 Продукты SIMATIC для комплексной автоматизации: Каталог. – А.: SIEMENS, 2019. – 208с.
- 8 Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие / А.П.Карпенко.-2-е изд. - Москва: Издательство МГГУ им. Н.Э. Баумана, 2017. - 446с.
- 9 Dorf R.C., Bishop R.H. Modern Control Systems. 12th Edition, Prentice Hall, 2008.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жанат Алишер

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка системы управления производственными потоками на обогатительных фабриках

Научный руководитель: Кулакова Елена Александровна

Коэффициент Подобия 1: 11

Коэффициент Подобия 2: 5.9

Микропробелы: 19

Знаки из других алфавитов: 10

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование: *Работа доработана не предмет антиплагиата. Заимствование котор. природе связано с использованием литературы о тех. процессах. Необходимые ссылки на источники указаны.*

Дата

10.05.22

проверяющий эксперт

*Кулакова Е.А.*  
*Е.А.*

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Жанат Алишер

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Разработка системы управления производственными потоками на обогатительных фабриках

**Научный руководитель:** Кулакова Елена Александровна

**Коэффициент Подобия 1:** 11

**Коэффициент Подобия 2:** 5.9

**Микропробелы:** 19

**Знаки из других алфавитов:** 10

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование: *Работа доработана не через антиплагиат  
Зависимости котор. подобие связано с использованием мб-р  
о тех. процесс. Необходимы ссылки представляется*

Дата

Заведующий кафедрой

10.05.22



## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломный проект  
Жанат Әлішер Жанатұлы  
5B070200 – Автоматизация и управление

Тема: Разработка системы управления производственными потоками на обогатительных фабриках

Перед дипломантом ставилась задача разработки системы автоматизированного управления производственными потоками на обогатительных фабриках.

В первой части данного дипломного проекта были проанализированы технологические процессы обогатительных фабрик с дальнейшим углублением в основной процесс транспортировки производственных потоков.

Во второй части была разработана структурная схема, функциональная схема АСУ ТП участков измельчения (движение производственных потоков по конвейерным линиям) и участка флотации (движение суспензионных продуктов) обогатительной фабрики. Была разработана и смоделирована САР объекта управления, рассчитан материальный баланс с дальнейшим использованием этих данных, были успешно подобраны регуляторы для САР конвейера, разработано программное обеспечение с учетом требований к алгоритмам управления конвейерными линиями в программной среде TIA-portal.

В процессе работы автор показал себя ответственным, трудолюбивым и исполнительным студентом с высоким уровнем теоретической и практической подготовки.

Заключение:

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «отлично», а студент Жанат Ә.Ж. присвоения академической степени бакалавр по специальности 5B070200 – Автоматизация и управление.

**Научный руководитель**

PhD, сеньор-лектор



Кулакова Е.А.

«13» мая 2022г.



## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект  
Жанат Әлішер Жанатулы  
5B070200 – Автоматизация и управление

На тему: Разработка системы управления производственными потоками на  
обогащительных фабриках

Выполнено: пояснительная записка на 56 страницах

В рецензируемом дипломном проекте рассматривается актуальная задача разработки системы автоматизированного управления производственными потоками на обогащительных фабриках.

В первой части данного дипломного проекта была изучена технологическая часть обогащительных процессов на фабриках с дальнейшим углублением в основной процесс транспортировки производственного потока на обогащительных фабриках

Во второй части была разработана структурная схема, функциональная схемы, технологическая схема отдельных участков АСУ ТП обогащительной фабрики. Была разработана и смоделирована САР объекта управления, рассчитан материальный баланс с дальнейшим использованием этих данных для создания системы управления, были успешно подобраны регуляторы для САР конвейера, разработано программное обеспечение АСУ ТП с требованиями к алгоритму управления конвейерной линии в обогащительной фабрике.

Тема раскрыта полностью, рассмотрены вопросы управления потоками сыпучих и суспензионных продуктов обогащительной фабрики.

Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению работ.

### Оценка работы

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «отлично», а студент Жанат Ә.Ж. присвоения академической степени бакалавр по специальности 5B070200 – Автоматизация и управление.

### Рецензент

руководитель центра компетенций и трансфера технологий в области автоматизации и мехатроники ВКТУ им. Серикбаева  
доктор PhD



Порубов Д.А.

«6» мая 2022г.