

Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
НТУ "Дніпровська політехніка"

Електротехнічний  
(факультет)

Кафедра Електропривода  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

дипломного проекту

бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 0507 Електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки 050702 Електромеханіка  
(код і назва напрямку підготовки)

спеціальність 6.05070204  
(код і назва спеціальності)

Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

освітній рівень бакалавр  
(назва освітнього рівня)

Кваліфікація фахівець у галузі електротехніки  
(код і назва кваліфікації)

на тему: Автоматизований електропривід ланцюгового конвеєру

Виконавець: Студент 4 курсу, групи ЕМ-14-1

\_\_\_\_\_ Мартиненко Р.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Колб А.А.		
розділів:			
Автоматизований електропривод	Колб. А.А..		
Дослідження динаміки	Боровик Р.О.		
Охорона праці	Голінько В.І.		
Економічний	Тимошенко Л.В.		

Рецензент			
-----------	--	--	--

Нормоконтроль	Казачковський М.М.		
---------------	--------------------	--	--

Дніпро  
2018

Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
НТУ "Дніпровська політехніка"

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
Електроприводу  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Казачковський М.М.  
(підпис) (прізвище,  
ініціали)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
на дипломний проект

Бакалавра

(назва рівня вищої освіти)

студенту ЕМ-14-1 Мартиненку Роману Володимировичу  
(група) (прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту Автоматизований електропривод ланцюгового конвеєру

затверджена наказом ректора ДВНЗ "НТУ "Дніпровська політехніка" від

№ \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Автоматизований електропривод</i>	Розрахувати навантаження та обрати двигун. Обрати силову електричне обладнання. Розрахувати САР	30.10.17-14.11.17
<i>Дослідження динаміки</i>	Змоделювати, дослідити та проаналізувати роботу та динаміку САР	04.12.17-20.01.18
<i>Розділ «Охорона Праці»</i>	Зробити аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	10.03.18-24.03.18
<i>Розділ «Техніко-економічне обґрунтування»</i>	Встановити економічну доцільність прийнятих технічних рішень. Розрахувати капітальні та експлуатаційні витрати.	15.03.18-23.04.18

Завдання видав \_\_\_\_\_

(підпис)

Колб А.А.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

Мартиненко Р.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект на тему «Автоматизированный электропривод цепного конвейера» состоит из расчетной части - страниц, и графической части - 4 листов. Расчетная часть состоит из 5 разделов.

В разделе «Технологическая часть» описаны основные технические данные конвейера, его виды, а также требования к электрооборудованию.

В разделе «Автоматизированный электропривод» выбран предварительный двигатель и преобразователь частоты, а также рассчитаны все параметры необходимые для математического моделирования.

В разделе «Исследование динамики электропривода» была собрана модель электропривода переменного тока с векторным управлением и проведено моделирование по отработке механизмом пуска и торможения.

В разделе «Технико-экономическое обоснование» проведен расчет капитальных затрат на реализацию проекта, расчет эксплуатационных расходов. Также была определена годовая экономия, показатели экономической эффективности и проведен их анализ.

В разделе «Охрана труда» проведен анализ вредных и опасных факторов, приведены инженерно-технические мероприятия по охране труда, а также рассмотрены и обоснованы противопожарные мероприятия.

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему «Автоматизований електропривод ланцюгового конвеєру» складається з розрахункової частини – сторінок, і графічної частини – 4 аркушів. Розрахункова частина складається з 5 розділів.

У розділі «Технологічна частина» описані основні технічні дані конвеєру, його види, а також вимоги до електроустаткування.

У розділі «Автоматизований електропривод» обраний попередній двигун і перетворювач частоти, а також розраховані усі параметри необхідні для математичного моделювання.

У розділі «Дослідження динаміки електропривода» була зібрана модель електропривода змінного струму з векторним керуванням і проведено моделювання по відпрацюванню механізмом пуску і гальмування.

У розділі «Техніко-економічне обґрунтування» проведений розрахунок капітальних затрат на реалізацію проекту, розрахунок експлуатаційних витрат. Також була визначена річна економія, показники економічної ефективності і проведений їх аналіз.

У розділі «Охорона праці» проведено аналіз шкідливих та небезпечних факторів, наведено інженерно-технічні засоби з охорони праці, а також розглянуті та обґрунтовані протипожежні заходи.

## **ABSTRACT**

Thesis: "Automated electric chain conveyer" consists of part of the settlement - pages and graphics parts - 4 sheets. Estimated portion consists of 5 sections.

In the "Process part" describes the main technical data conveyer, types, as well as the requirements for electrical equipment.

Under "Automatic Electric" pre-selected engine and frequency converters, and calculated all the parameters necessary for the mathematical modeling.

In the section "Review of electric" was assembled model electric AC vector control and performed simulation mechanism to simulate the starting and braking.

In the "feasibility study" the calculation of capital costs for the project, the calculation of operating costs. Was also determined annual savings, economic performance and their analysis.

In the "Health" the analysis of hazardous and dangerous factors are engineering tools for safety, and considered reasonable and fire events.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ВВЕДЕНИЕ

### 1. Технологическая часть

- 1.1. Ленточно-цепной конвейер
- 1.2. Характеристики конвейера
- 1.3. Область применения

### 2. Автоматизированный электропривод

- 2.1. Предварительный расчет цепного конвейера
- 2.2. Выбор двигателя,редуктора и тормозного устройства
- 2.3. Проверка двигателя по нагреву и на перегрузочную способность
- 2.4. Выбор преобразователя частоты и расчёт элементов системы управления

### 3. Исследование динамики электропривода

- 3.1. Расчёт регуляторов тока, скорости и потокосцепления
- 3.2. Расчёт параметров двигателя для моделирования в Simulink
- 3.3. Модель схемы для Simulink
- 3.4. Результаты моделирования

### 4. Технико-экономическое обоснование

- 4.1. Технико-экономическая характеристика
- 4.2. Расчет капитальных затрат
- 4.3. Расчет эксплуатационных расходов
- 4.4. Расчет амортизационных отчислений
- 4.5. Определение годовых затрат на эксплуатацию и обслуживание
- 4.6. Расчет стоимости потребленной электроэнергии
- 4.7. Определение годовой экономии от внедрения проекта
- 4.8. Определение и анализ показателей экономической эффективности

проекта

### 5. ОХРАНА ТРУДА

- 5.1. Анализ опасных и вредных факторов

## 5.2. Методы защиты от шума

5.2.1. Методы защиты от вибрации и запыленности на рабочем месте

5.2.2. Расчет освещения рабочего места оператора конвейера

## 5.3. Пожарная профилактика

## 5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

## **ВЫВОДЫ**

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

## ВВЕДЕНИЕ

Конвейер (англ. conveyor, от convey — перевозить) - транспортёр, машина непрерывного действия для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов. Основное назначение таких конвейеров – перемещение грузов по заданной трассе, и на заданные расстояния, а так же распределение их по заданным пунктам.

Конвейеры являются составной, неотъемлемой частью современного технологического процесса, они устанавливаются и регулируют темп производства, обеспечивают его ритмичность, способствуют повышению производительности труда и увеличению выпуска продукции. Наряду с выполнением транспортно-технологических функций конвейеры являются основными средствами комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских операций.

На современных предприятиях конвейеры используют в качестве: высокопроизводительных транспортных машин, передающих грузы из одного пункта в другой на участках внутризаводского и, в ряде случаев, внешнего транспорта;

- транспортных агрегатов мощных перегрузочных устройств (например, мостовых перегружателей, отвалообразователей и т. п.) и погрузочно-разгрузочных машин;
- машин для перемещения грузов-изделий по технологическому процессу поточного производства от одного рабочего места к другому, от одной технологической операции к другой, устанавливая, организуя и регулируя темп производства и совмещая, в ряде случаев, функции накопителей (подвижных складов) и распределителей грузов-изделий по отдельным технологическим линиям.

Основной классификационный признак конвейера — тип тягового и грузонесущего органов. Различают конвейеры с ленточным, цепным,



канатным и другими тяговыми органами и конвейеры без тягового органа (винтовые, инерционные, вибрационные, роликовые). По типу грузонесущего органа конвейеры могут быть: ленточные, пластинчатые, скребковые, подвесные грузонесущие, толкающие, тележечные, ковшовые и люлечные, а также винтовые, инерционные, вибрационные, роликовые.

Тесная связь транспортирующих машин с общим технологическим процессом производства обуславливает высокую ответственность их работы и назначения. Поэтому конвейеры должны быть надежными (безотказными), прочными, удобными в эксплуатации и способными работать в автоматических режимах.

Высокая производительность, непрерывность грузопотока и автоматизация управления обусловили широкое применение конвейеров в различных отраслях народного хозяйства.

В ряде случаев одна и та же транспортная операция может быть выполнена различными конвейерами, поэтому при решении задачи рационального выбора типа конвейера, обеспечивающего наибольший технический и экономический эффект, необходимо учитывать следующие факторы: свойства транспортируемых грузов; расположение пунктов загрузки и разгрузки, а также расстояние между ними; требуемую производительность машин; требуемую степень автоматизации производственного процесса, обслуживаемого проектируемой транспортной установкой; способ хранения груза в пункте загрузки.

# 1. Технологическая часть

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мартыненко			Технологическая часть	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Колб А.А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Зав. каф.		Казачковский Н.Н.						

## 1.1 Ленточно-цепной конвейер

Конвейер, грузонесущим элементом которого является лента, а тяговым – цепь, называется ленточно-цепным конвейером.

Классификация ленточно-цепных конвейеров:

Ленточно-цепные конвейеры классифицируют:

- по количеству цепей — одно- и двухцепные;
- по способу соединения ленты с цепью — с жёстким соединением, и с фрикционным соединением, при котором тяговое усилие от цепей передаётся ленте силами трения;
- по типу ходовых элементов — конвейеры с ходовыми и стационарными роликами;
- по относительному расположению контуров ленты и цепи — с внутренним и внешним расположением.

В качестве тягового элемента в ленточно-цепных крутонаклонных конвейерах находят применение как стандартные пластинчатые, сварные, роликовые, так и специальные цепи.

### Конструкция ленточно-цепного конвейера

Ленточно-цепной конвейер с фрикционной связью ленты с цепью состоит из цепи с опорными площадками, прорезиненной ленты, роликоопор.

Принцип действия такого конвейера конструкции Хостермана показан на рисунке 1.1.1:

Тяговым элементом служит одна пластинчатая или чаще, круглозвенная цепь 1, снабженная опорными площадками 2, на которые свободно опирается прорезиненная лента 3. Желобчатую форму ленте придают роликоопоры 4, у которых средний ролик отсутствует и вместо него проходит тяговая цепь, движущаяся на катках 6 по направляющим путям 5. Захват ленты осуществляется только трением между опорными площадками цепи и лентой. Эти площадки устанавливаются на каждом втором звене цепи, и для увеличения сцепления с лентой к ним прикрепляют накладки из резины с

насечкой на опорной поверхности. Движение цепи на собственных катках по сплошным направляющим путям исключает возможность отслаивания цепи от ленты.

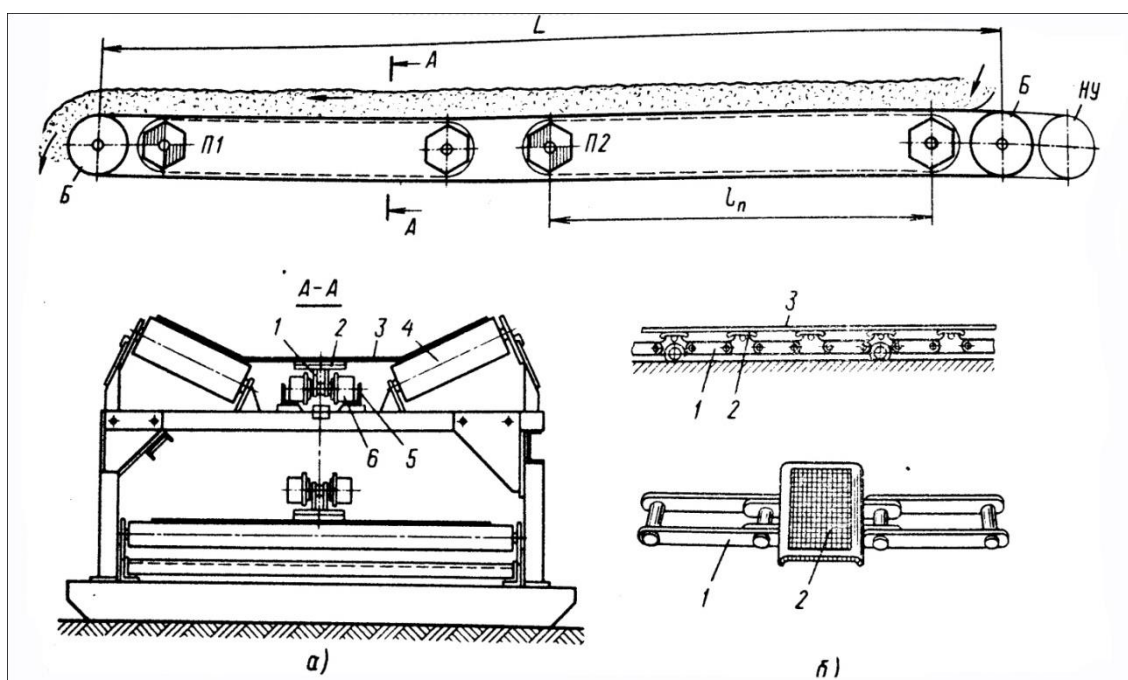


Рис.1.1.1 Ленточно-цепной конвейер с фрикционной связью ленты с цепью:  
 а – схема; б – ходовая часть; Б – оборотный барабан; П1, П2 - приводные звездочки; НУ – натяжное устройство

Конструкция конвейера типа КЛЦ-250 представлена на рисунке 2. Это ленточно-цепной крутонаклонный конвейер. Принцип его действия заключается в том, что лента 7 и лежащая на ее поверхности цепь 2 с перегородками 1 движутся с одинаковой скоростью. Перегородки опираются на ленту и служат для удержания груза на ленте, предотвращая его проскальзывание или скатывание. Натяжные барабаны, ленты и цепи имеют отдельные натяжные устройства, что позволяет создавать необходимое натяжение как ленты, так и цепи. Движение цепи и ленты передается от электродвигателя 6 через редуктор 5, приводные звездочки 4, натяжные барабаны 3. Лента при своем движении опирается на стандартные роlikоопоры, нижняя ветвь цепи движется по металлическим направляющим. Транспортируемый материал, попадая на ленту конвейера и располагаясь между перегородками, перемещается к месту разгрузки, где

между барабаном и приводными звездочками расположено специальное разгрузочное устройство.

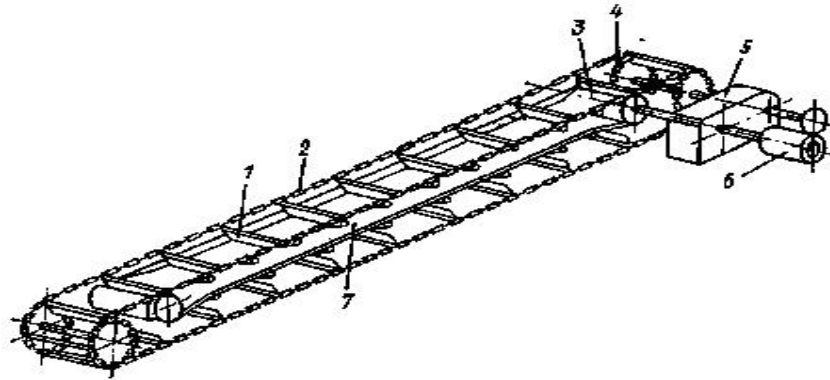


Рис.1.1.2 Ленточно-цепной крутонаклонный конвейер

С целью повышения угла наклона конвейера, освобождения ленты от тяговых функций, частичной герметизации транспортируемого груза и исключения роликовых опор разработана конструктивная схема конвейера с шарнирными траверсами и перегородками на ленте, обжимающими и удерживающими перемещаемый насыпной груз. Схема такого конвейера изображена на рисунке 1.1.3.

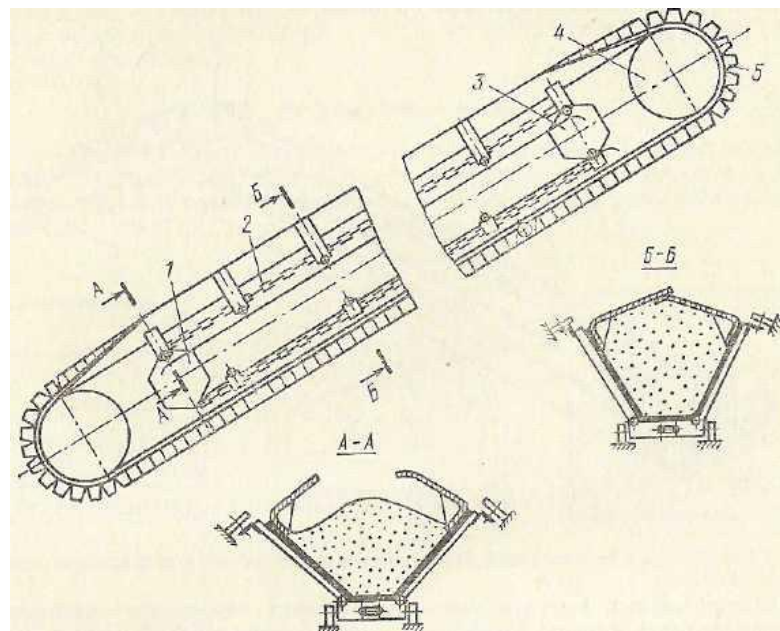


Рис.1.1.3 Ленточно-цепной крутонаклонный конвейер с герметизацией перемещаемого груза: 1 — натяжная звездочка; 2 — цепь; 3 — приводная звездочка; 4 - барабан; 5 — лента с бортами

## 1.2 Характеристики конвейеров

Ленточно-цепные конвейеры имеют следующие конструктивные характеристики:

- ширина ленты 800 и 1000мм;
- производительность 300м<sup>3</sup>/с, при скорости 1м/с;
- длина 200-750м

Основные параметры некоторых моделей ленточно-цепного конвейера представлены в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1 Основные параметры ленточно-цепного конвейера

Модель	Максимальная производительность, т/ч	Максимальная длина, м	Скорость движения транспортирующего органа, м/с
КЛЦ-600	17	50	0,1-0,3
КЛЦ-1200	34	57	
КЛЦ-2300	170	30	

### Достоинства и недостатки ленточно-цепного конвейера

К преимуществам такого типа конвейеров относится:

- возможность применения стандартной ленты с тремя-четырьмя прокладками;
- возможность транспортировать насыпные грузы при углах наклона до 30-35° при жестком сцеплении цепи с лентой.

К недостаткам:

- ненадежность фрикционного соединения ленты с цепью из-за непостоянства коэффициента трения в условиях неизбежного загрязнения и увлажнения опорных площадок и малой сцепной массы;
- износ ленты и площадок от проскальзывания;
- ограничение скорости из-за наличия цепи и динамических нагрузок на нее;
- ограничение угла наклона примерно до 10° при фрикционном сцеплении цепи с лентой.

### **1.3 Область применения**

Конвейеры, грузонесущим элементом которых является лента, применяют для перемещения в горизонтальном и пологонаклонном направлениях разнообразных насыпных и штучных грузов, а так же для межоперационного транспортирования изделий при поточном производстве. Они получили широкое распространение во всех отраслях промышленности и являются основными агрегатами механизации транспорта в литейных цехах(подача и распределение земли и отходов), на топливоподачах электростанций, подземного и наземного транспорта угля и породы в угледобывающей промышленности руды, кокса и флюсов в металлургии, строительных материалов и полезных ископаемых в карьерах, зерна в зернохранилищах, песка и камня на строительстве каналов и гидростанций.

Некоторые модели ленточно-цепных конвейеров могут транспортировать мусорные отходы на территории мусоро-перегрузочных станций, коро-древесных отходов на территории топливных складов, торфа, бурого и каменного угля и других грузов.

## 2. Автоматизированный электропривод

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мартыненко			Автоматизированный электропривод	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Колб А.А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Зав. каф.		Казачковский Н.Н.						



## 2.1 Предварительный расчет цепного конвейера

Рассчитываем пластинчатый цепной горизонтальный конвейер при заданной производительности  $Q=115$  т/ч для перемещения штучных грузов плотностью  $\rho = 1,45$  т/м<sup>3</sup> с размером по диагонали 160 мм, массой  $m=80$  кг. Длина конвейера  $L=25$  м. Разгрузка — в конце загруженной ветви. Условия работы — средние.

Принимаем конвейер типа КЛЦ плоский разомкнутый с ходовой частью с катками.

Исходя из размеров груза выбираем ширину настила

$$B \geq b_1 + B_1$$

где:  $b_1$  — наибольший поперечный размер груза, мм;

$B_1$  — запас ширины настила (50...100 мм), мм.

$$B = 160 + 100 = 260 \text{ (мм)}$$

Принимаем ширину настила  $B = 300$  мм., принимаем шаг цепи  $t=315$  мм. В соответствии с данными принимаем скорость ходовой части  $v = 0,3$  м/с.

В качестве тягового органа предварительно принимаем две пластинчатые катковые с ребордами на катках (тип 4) разборные цепи со сплошными валиками и разрушающей нагрузкой  $F_{разр}=80$  кН. Номер цепи — М80, обозначение цепи:

$$\text{Цепь тяговая М80—4—315}$$

Находим погонную массу груза по формуле:

$$q = Q / (3,6 \cdot v)$$

$$q = 130 / (3,6 \cdot 0,3) = 120,37 \text{ (кг/м)}$$

Из формулы найдем шаг расположения грузов на настиле:

$$tr = m / q$$

$$tr = 80 / 120,37 = 0,66 \text{ (м)}$$

Приблизённо погонную массу (кг/м) ходовой части конвейера можно принять :

$$q_{x,ч} = 60 \cdot B + K,$$

где:  $K$  – коэффициент при средней плотности груза и ширине пластины;

$$q_{x,y} = 60 \cdot 0,3 + 45 = 63 (\text{кг}/\text{м})$$

Выбираем коэффициент сопротивления  $\omega=0,1$ .

Приняв наименьшее натяжение цепей в точке их сбегаания с приводных звездочек  $F_{\min}=F_1=1000 \text{ Н}$ , найдем из формулы тяговую силу конвейера ( $F_b$  и  $F_{n,p}$  равны нулю):

$$F_0 = 1,05 \cdot [F_{\min} + g \cdot (\omega \cdot q \cdot L_r + 2 \cdot \omega \cdot q_{x,y} \cdot L_r)],$$

где:  $L_r$  – длина загруженного участка конвейера, м.

$$F_0 = 1,05 [1000 + 9,81 \cdot (0,1 \cdot 120,37 \cdot 25 + 2 \cdot 0,1 \cdot 63 \cdot 25)] = 7042,3 (\text{Н})$$

Число зубьев звездочек для тяговых цепей  $z=6$ .

Высота подъема груза:

$$H = L_r \cdot \sin \beta = 45 \cdot \sin 0 = 0,$$

где  $\beta$  – угол наклона участка.

Рассчитываем динамическую нагрузку на цепи по формуле:

$$F_{\text{дин}} \approx \frac{60 \cdot v^2 \cdot L}{z^2 \cdot t} \cdot (q + k_1 \cdot q_{x,y}),$$

где:  $k_1$  – коэффициент приведения массы (учитывающий, что не все элементы конвейера движутся с максимальным ускорением, а также - влияние упругости цепи);

$L$  – длина конвейера, м.

$$F_{\text{дин}} \approx \frac{60 \cdot 0,3^2 \cdot 25}{6^2 \cdot 0,315} \cdot (120,37 + 1,5 \cdot 63) = 2557 (\text{Н})$$

Определим натяжение в характерных точках конвейера методом обхода по контуру и уточним значение  $F_0$ . Обход начинаем от точки с наименьшим натяжением  $F_{\min}=F_1=1000 \text{ Н}$ .

Находим сопротивление на участке холостой ветви конвейера:

$$F_x = q_{x,y} \cdot g \cdot \omega \cdot L.$$

$$F_x = 63 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 25 = 1545,07 (\text{Н})$$

Находим сопротивление на загруженной ветви:

$$F_2 = (q + q_{x.v}) \cdot g \cdot \omega \cdot L.$$

$$F_2 = (120,37 + 63) \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 25 = 4496,23(H)$$

Находим натяжение цепей в точке набегания цепей на натяжные звездочки:

$$F_2 = F_1 + F_x.$$

$$F_2 = 1000 + 1545,07 = 2545,07(H)$$

Находим сопротивление на натяжных звездочках:

$$F_{нов} = F_2 \cdot (1,05 - 1).$$

$$F_{нов} = 2545,07 \cdot (1,05 - 1) = 127,25(H)$$

Находим натяжение цепей в точке сбегания с натяжных звёздочек:

$$F_3 = F_2 + F_{нов}.$$

$$F_3 = 2545,07 + 127,25 = 2672,32(H)$$

Находим натяжение в точке набегания загруженных ветвей цепей на приводные звёздочки:

$$F_4 = F_3 + F_2.$$

$$F_4 = 2672,32 + 4496,23 = 7168,55(H)$$

Находим натяжение в набегающих на приводные звёздочки тяговых цепях с учётом сопротивлений на приводных звёздочках:

$$F_{наб} = F_4 + F_4(k_n - 1) = k_n \cdot F_4.$$

$$F_{наб} = 1,05 \cdot 7168,55 = 7527(H)$$

Находим уточнённое значение тяговой силы конвейера:

$$F_0' = F_{наб} - F_1.$$

$$F_0' = 7527 - 1000 = 6527.$$

Найдём расчётное натяжение одной цепи:

$$F_{расч}^u = 0,6(F_{max} + F_{дин}),$$

где:  $F_{max} = F_{наб}$ ,

$$F_{расч}^u = 0,6 \cdot (7527 + 2556,9) = 6050,34(H)$$

Разрушающая нагрузка цепи при коэффициенте запаса прочности  $k=8$ :

$$F_{разр} = k \cdot F_{расч}^u.$$

$$F_{разр} = 8 \cdot 6050,34 = 48402,72H = 48,4(кН)$$

## 2.2 Выбор двигателя, редуктора и тормозного устройства

Мощность на приводном валу конвейера:

$$P_0 = 10^{-3} F_0' \cdot v = 10^{-3} \cdot 6527 \cdot 0,3 = 1,96 \text{ (кВт)};$$

Необходимая мощность двигателя:

$$P = \frac{kP_0}{\eta} = \frac{1,2 \cdot 1,96}{0,94} = 2,5 \text{ (кВт)};$$

при КПД привода  $\eta=0,94$ ,  $k$  - коэффициент запаса

Из каталога принимаем двигатель 4А112М6У3 мощность  $P=3$  кВт с частотой вращения  $n=1000$  мин-1. Кратность пускового момента  $\varphi n=2$ . Момент инерции ротора  $Jp=1,7 \cdot 10^{-2}$  кг·м<sup>2</sup>.

Табл.2.1. Параметры асинхронного двигателя 4А112М6У3:

$P_{НОМ}$	$n_H$	$I_H$	$\eta$	$\cos \varphi$	$\frac{M_{max}}{M_H}$	$\frac{M_n}{M_H}$	$\frac{M_{min}}{M_H}$	$\frac{I_n}{I_H}$	$J_A$
кВт	об/мин	А	%	-	-	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>
3	1000	7,4	85,5	0,81	2,5	2	1,8	6	0,017

Табл.2.2. Параметры схемы замещения двигателя 4А112М6У3:

$S_{НОМ}, \%$	$x_m$	$R'_1$	$x'_1$	$\llbracket R^* \rrbracket_{1,2}$	$\llbracket x^* \rrbracket_{1,2}$
3,2	2,1	0,060	0,070	0,040	0,11

Частота вращения приводного вала конвейера:

$$n_{н.в.} = \frac{60 \cdot v}{z \cdot t} = \frac{60 \cdot 0,3}{6 \cdot 0,315} = 9,5 \text{ (мин-1)}$$

Требуемое передаточное число привода:

$$u = \frac{n}{n_{н.в.}} = \frac{1000}{9,5} = 105,26$$

Выбираем ближайший больший по мощности редуктор типа КЦ2-750 с передаточным числом  $u_p=110$  и мощностью на быстроходном валу  $P_p=10,8$  кВт.

При этом передаточное число клиноременной передачи:

$$u_{к.п} = \frac{u}{u_p} = \frac{110}{73} = 1,5$$

Исходя из принятого передаточного числа, уточняем скорость цепи:

$$v_\phi = \frac{(z \cdot t) \cdot n}{60 \cdot u_p} = \frac{1,89 \cdot 1000}{60 \cdot 73} = 0,43 \text{ (м/с)}$$

что соответствует заданным требованиям.

По формуле уточняю производительность конвейера:

$$Q_\phi = 900 \cdot B \cdot u_\phi \cdot p \cdot [B \cdot k_\beta \cdot \text{tg}(0,4 \cdot \varphi) + 4 \cdot h \cdot \psi] \text{ (т/ч)},$$

где:  $h$ -высота борта, м;

$\psi$  – коэффициент характеризующий степень использования высоты борта (0,65...0,8);

$\varphi$  – угол естественного откоса груза в состоянии покоя;

$k_\beta$  - коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера;

$$Q_\phi = 900 \cdot 0,3 \cdot 0,43 \cdot 1,85 \cdot [0,3 \cdot 1 \cdot \text{tg}(0,4 \cdot 0) + 4 \cdot 0,1 \cdot 0,7] = 124,57 \text{ (т/ч)},$$

что больше заданной производительности в допустимых пределах.

Для выбора соединительной муфты между двигателем и редуктором определяю номинальный крутящий момент двигателя:

$$M_{ном} = \frac{9550 \cdot P_{ном}}{n} = \frac{9550 \cdot 3}{1000} = 28,65 \text{ (Н·м)}$$

С учетом кратности пускового момента выбранного двигателя  $\varphi n=2$  принимаю расчетный момент муфты:

$$M_m^p = M_m^{ном} \cdot \psi_n = 28,65 \cdot 2 = 57,3 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

Выбираем упругую втулочно-пальцевую муфту с номинальным крутящим моментом  $M_m=150 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , наибольшим диаметром  $D=140 \text{ мм}$ . Момент инерции муфты:  $J_m=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

Средний пусковой момент двигателя:

$$M_{cp.n.} = 0,85^2 \cdot \frac{\psi_n + \psi_{max}}{2} \cdot M_{ном} = 0,85^2 \cdot \frac{2 + 2,2}{2} \cdot 28,65 = 43,32 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

Момент статических сопротивлений на валу двигателя:

$$M_c = M_{c.в.} \cdot \frac{1}{u \cdot \eta} = 2288,75 \cdot \frac{1}{105,26 \cdot 0,94} = 22,88 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

Момент статических сопротивлений на приводном валу конвейера:

$$M_{c.в.} = 0,5 \cdot F_0 \cdot D = 0,5 \cdot 7042,3 \cdot 0,65 = 2288,75 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

где:  $D_3$  - диаметр звездочки, м.

$$C = 9,55 \cdot k_y \cdot [(q + q_k) \cdot H + q_l \cdot H] \cdot v^2$$

$C=0$ , т.к. высота подъема груза равна 0 ( $H=0$ ).

$$t_n = \frac{\delta \cdot J \cdot n_{эл}}{9,55 \cdot (M_{cp.n.} - M_c)} + \frac{C}{n_{эл} \cdot (M_{cp.n.} - M_c)}$$

$$t_n = \frac{1,2 \cdot 0,017 \cdot 1000}{9,55 \cdot (43,32 - 22,88)} + \frac{0}{1000 \cdot (43,32 - 22,88)} = 0,1 \leq 3 \dots 6$$

где  $\delta=1,2$  – коэффициент учитывающий влияние вращающихся масс привода механизма.

Момент инерции ротора двигателя:

$$J = J_p + J_m = 0,017 + 0,002 = 0,019 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)$$

Определение усилий в набегающей на приводные звёздочки ветви тягового органа конвейера при пуске конвейера:

$$F_{\text{пуск}} = \frac{2 \cdot M_{\text{пуск}}}{D_3} = \frac{2 \cdot 4311,27}{0,65} = 13265,46 \text{ (Н)}$$

Момент от сил инерции и статических сопротивлений на приводном валу при пуске конвейера:

$$M_{\text{пуск}} = M_{\text{ин.в}} + M_{\text{с.в.}} = 2022,42 + 2288,85 = 4311,27 \text{ (Н·м)}$$

Момент сил инерции на приводном валу при пуске конвейера:

$$M_{\text{ин.в.}} = M_{\text{ин}} \cdot u \cdot \eta = 20,44 \cdot 105,26 \cdot 0,94 = 2022,42 \text{ (Н·м)}$$

Момент сил инерции на валу двигателя при пуске конвейера:

$$M_{\text{ин}} = M_{\text{ср.н}} - M_c = 43,32 - 22,88 = 20,44 \text{ (Н·м)}$$

Усилие (Н) в набегающей на приводные звёздочки ветви цепного конвейера при пуске:

$$F_{\text{наб}}^{\text{пуск}} = F_{\text{пуск}} + F_{\text{дин}} + F_{\text{сб}} = 13265,46 + 2556,9 + 1000 = 16822,36 \text{ (Н)},$$

где: - натяжение ветви конвейера ( $F_{\text{сб}} = F_{\text{min}}$ ).

Коэффициент перезагрузки тягового органа при пуске конвейера:

$$R_{\text{пер}} = \frac{F_{\text{наб}}^{\text{пуск}}}{F_{\text{дон}}} = \frac{16822,36}{16134,33} = 1,04 < 1,5$$

$$F_{\text{дон}} = F_{\text{разр}} / k'' = 48403 / 3 = 16134,33$$

Момент сил инерции на валу двигателя при торможении:

$$M_{\text{ин}}^T = \frac{\delta \cdot J \cdot n_{\text{эл}}}{9,55 \cdot t_T} + \frac{C \cdot \eta}{n_{\text{эл}} \cdot t_T} = \frac{1,2 \cdot 0,017 \cdot 1000}{9,55 \cdot 6,67} + \frac{0 \cdot 0,94}{1000 \cdot 6,67} = 0,32 \text{ (Н·м)}$$

Время торможения конвейера:

$$t_T = \frac{2 \cdot e_T}{v} = \frac{2 \cdot 1}{0,3} = 6,67 \text{ (с)}$$

Момент сил инерции на приводном валу при торможении конвейера:

$$M_{ин.в.}^T = M_{ин}^T \cdot u \cdot \eta = 0,32 \cdot 20,44 \cdot 0,94 = 6,2 \text{ (Н·м)}$$

Расчетный тормозной момент на валу двигателя:

$$M_p^T = M_{ин}^T + M_c^T = 0,32 + (-4,9) = -4,58 \text{ (Н·м)}$$

Расчетный тормозной момент на приводном валу конвейера:

$$M_{р.в.}^T = M_{ин.в.}^T + M_{с.в.}^T = 6,2 + (-551,66) = -545,46 \text{ (Н·м)}$$

Момент статических сопротивлений конвейера на валу двигателя при торможении:

$$M_c^T = M_{с.в.}^T \cdot \frac{\eta}{u} = (-551,66) \cdot \frac{0,94}{105,26} = -4,9 \text{ (Н·м)}$$

Момент статических сопротивлений на приводном валу конвейера при торможении, необходимый для предотвращения обратного хода:

$$\begin{aligned} M_{с.в.}^T &= \eta_{звз} \cdot [q \cdot H - R \cdot (\frac{F_0}{g} - q \cdot H)] \cdot g \cdot \frac{D_3}{2} = \\ &= 0,97 \cdot [120,37 \cdot 0 - 0,5 \cdot (\frac{7042,3}{9,81} - 120,37 \cdot 0)] \cdot 9,81 \cdot \frac{0,65}{2} = -551,66 \text{ (Н·м)} \end{aligned}$$

где  $\eta_{бар}$  – КПД звёздочки .

Поскольку у нас  $M_c^T \leq 0$  , ( $M_c^T = -4,9 \text{ (Н·м)}$ ) , тормоз не требуется.

### 2.3 Проверка двигателя по нагреву и на перегрузочную способность

Для удобства будем использовать метод эквивалентного момента, развиваемого двигателем, во времени.

Номинальный момент двигателя:

$$M_{ном} = \frac{9550 \cdot P_{ном}}{n} = \frac{9550 \cdot 3}{1000} = 28,65 \text{ (Н·м)}$$



где  $n$  – частота вращения электродвигателя.

Эквивалентный момент, время работы принимается рабочая смена 8 часов(28800сек.):

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_n^2 t_n + M_y^2 t_y + M_m^2 t_m}{t_n + t_y + t_m}}$$
$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{28,65^2 \cdot 1,7 + 22,88^2 \cdot 5,1 + (-4,58)^2 \cdot 1,7}{1,7 + 5,1 + 1,7}} = 21,9 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

где  $M_n$ ,  $M_y$ ,  $M_m$  – моменты электродвигателя при пуске, установившемся режиме и торможении соответственно;

$t_n$ ,  $t_y$ ,  $t_m$  – отрезки времени работы двигателя в соответственных режимах.

Время ускорения и замедления  $t_a$ :

$$t_a = \left( \frac{V_{\text{max}}}{a} \right) = \left( \frac{0,85}{0,5} \right) = 1,7(\text{с})$$

Время движения с постоянной скоростью:

$$t_c = \frac{L_m - 2 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_a^2 \right)}{V_{\text{max}}} = \frac{5,8 - 2 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 1,7^2 \right)}{0,85} = 5,1(\text{с})$$

Условие проверки электродвигателя по нагреву:

$$M_{\text{ном}} > M_{\text{экв}};$$
$$28,65 > 21,9;$$

Так как эквивалентный момент за цикл  $M_{\text{экв}}$  не превышает номинальный  $M_{\text{ном}}$ , то это указывает, что двигатель по нагреву выбран правильно.

$$M_{\text{кр}} = \lambda M_{\text{ном}} \geq M_{\text{сп}};$$

$$2,2 \cdot 28,65 \geq 43,32;$$

$$63,03 \geq 43,32;$$

где  $M_{\text{кр}}$  – критический момент двигателя, Нм;

$M_{\text{ном}}$  – номинальный момент двигателя, Нм;

$M_{\text{сп}}$  – момент сопротивления движения во время пуска, Н·м;

$\lambda$  – перегрузочная способность электродвигателя.

Тахограма роботи електропривода конвеєра представлена на рис.2.3.1

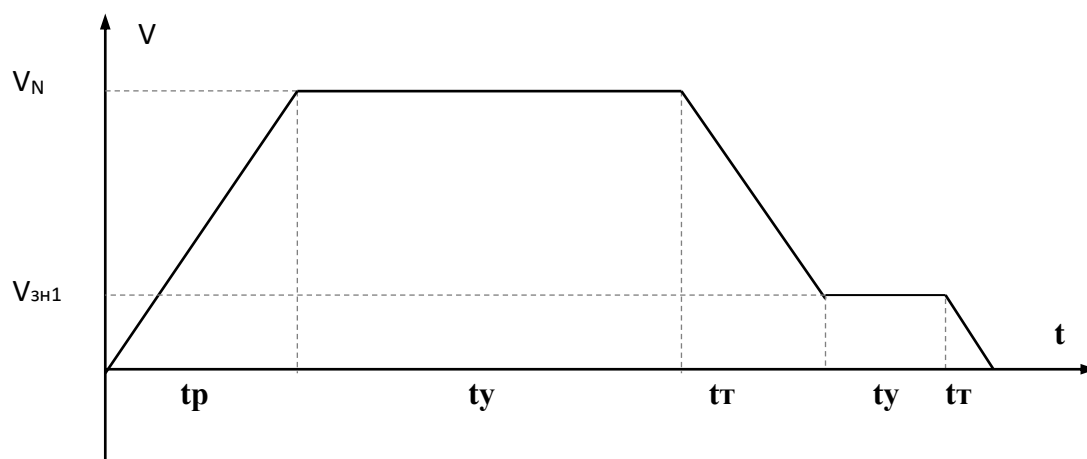


Рис. 2.3.1 Тахограма роботи конвеєра

## 2.4 Выбор преобразователя частоты и расчёт элементов системы управления

Из предложенного на рынке оборудования частотного регулирования наиболее выгодную позицию занимает ПЧ компании Vacon (рис. 2.4.1). Имея в своей структуре базовые элементы системы автоматического управления и регулирования, а также возможность наращивания дополнительного функционала, ПЧ обеспечивают высокую гибкость в существующих системах.

Преобразователь Vacon оптимально решает любые задачи с учетом особенностей каждого механизма, имеет открытую архитектуру для всех коммуникационных сетей и адаптируемый к различным применениям. Имеют гибкое программирование с возможностью создавать программы диспетчерского управления с полным отображением технологического процесса по всему цеху или заводу.



Рис.2.4.1 Преобразователи частоты Vacon NXS

Описание NXS 00312A2H

Преобразователи частоты модульного исполнения Vacon NXS отличаются компактностью конструкции и удобным, легким монтажом. Они могут работать в паре с двигателями мощностью от 0,25 до 30 кВт при напряжениях питания 208-500V. Линейка этих преобразователей оптимизирована по типоразмерам. Маломощные приводы типоразмеров MF2 и MF3, имеющие защиту класса IP20 предназначаются для монтирования в шкафах. Их конструктив позволяет проводить монтаж на DIN-рейку либо крепить винтами непосредственно на стену. Модули, имеющие класс защиты IP21 и IP54, в основном предназначаются для крепления на стены, но могут также монтироваться в шкафы. Встроенные фильтры сетевого питания в виде гасящих дросселей переменного тока, а также фильтры ЭМС ПЧ Vacon NXL дают возможность применять данные частотники в бытовых условиях или промышленных сетях. Преобразователи данной серии имеют возможность введения в эксплуатацию без предварительной настройки. Адаптация параметров под конкретные условия может быть произведена с помощью панели управления, оборудованного семисегментным дисплеем или путем применения специального программного обеспечения NCDrive. Кроме стандартной конфигурации набора входа/выхода, данный частотник обладает стандартным интерфейсом RS485 (протокол Modbus RTU). Есть возможность расширения интерфейса путём установки еще одной платы. Унификация параметров с частотниками других серий даёт возможность применять их узлы и платы расширения наравне со своими.

#### Преимущества NXS 00312A2H

- лучшее соотношение цена/качество;
- высокая точность поддержания необходимой скорости;
- автоматическое энергосбережение;
- интеллектуальное управление работой охлаждающего вентилятора;

- наличие тормозного прерывателя уже в базовой версии;
- наличие различных фильтров, позволяющих применять данный частотник в бытовых целях ;
- настраиваемые показатели срабатывания защиты двигателя и преобразователя.

### Применения NXS 00312A2H

Преобразователи частоты Vacon NXS практически не имеют ограничений области применения в пределах своих рабочих параметров. Они используются для управления электродвигателями в промышленности, коммунальном хозяйстве, в бытовых устройствах.

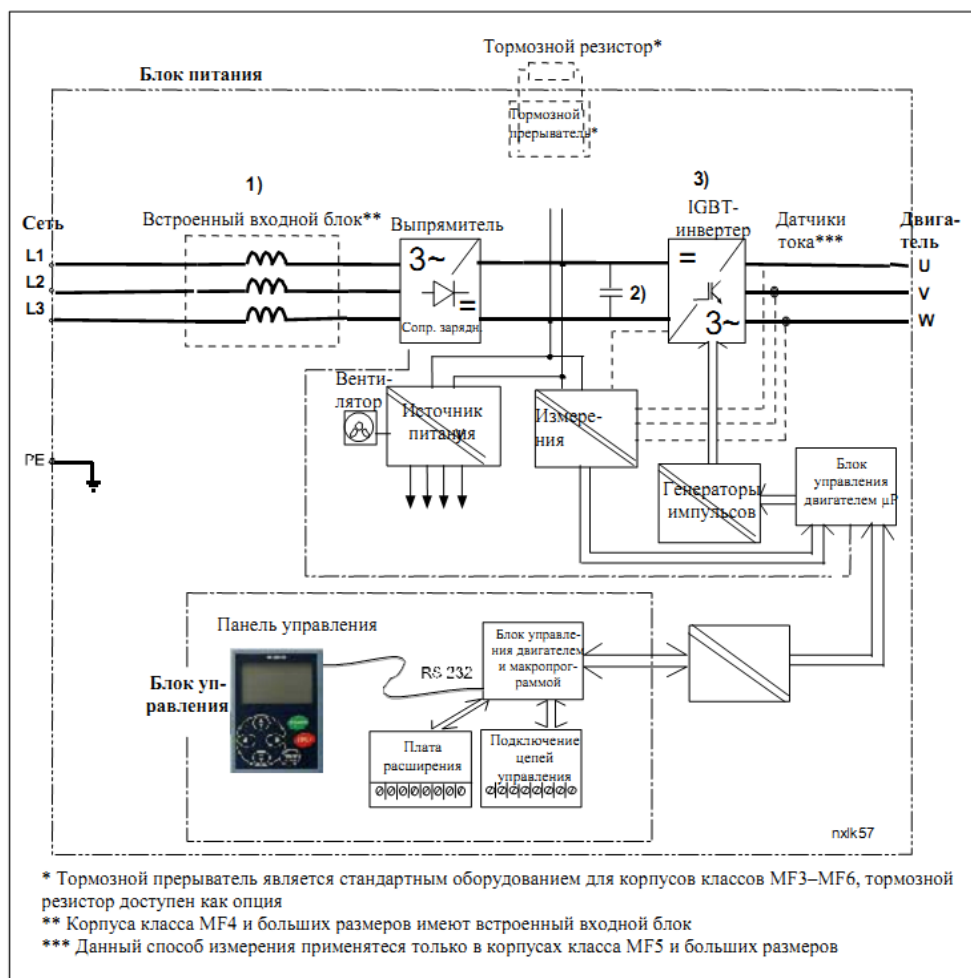


Рис 2.4.2 Блок схема Vacon NXS

Таблица 2.4.1 Назначение силовых клемм

Штатные входы/выходы		
Клемма	Назначение	Значение по умолчанию
1	+10В	Опорное напряжение
2	AI1+	Аналоговый вход, 0–10 В (0/4–20 мА)
3	AI1-	Общая точка для AI
4	AI2+	Аналоговый вход, 0/4–20 мА (0–10 В)
5	AI2-	Общая точка для AI
6	+24В	Вспомогательное напряжение 24 В
7	GND	Земля ввода/вывода
8	DIN1	Пуск вперед
9	DIN2	Пуск назад
10	DIN3	Выбор фиксированной скорости 1
11	GND	Земля ввода/вывода
18	AO1+	Аналоговый выход, выходная частота
19	AO1-	Общая точка для AO
A	RS485	Последовательная шина (Modbus RTU)
B	RS485	Последовательная шина
30	+24В	Внешний источник питания
21	RO1	Релейный выход 1, ОТКАЗ
22	RO1	Релейный выход 1, РАБОТА
23	RO1	Релейный выход 1, РАБОТА

ОРТ-АА (типичная конфигурация)		
Клемма	Назначение	Значение по умолчанию
1	+24В	Вспомогательное напряжение 24 В
2	GND	Земля ввода/вывода
3	DIN1	Выбор фиксированной скорости 2
4	DIN2	Сброс неисправности
5	DIN3	Запрет ПИД
6	DO1	Дискретный выход, Готов
24	RO1	Релейный выход 1, РАБОТА
25	RO1	
26	RO1	

ОРТ-АІ (типичная конфигурация)		
Клемма	Назначение	Значение по умолчанию
12	+24В	Вспомогательное напряжение 24 В
13	GND	Земля ввода/вывода
14	DIN1	Выбор фиксированной скорости 2
15	DIN2	Сброс отказа
16	DIN3	Запрет ПИД
25	RO1	Релейный выход 1, РАБОТА
26	RO1	
28	T11+	Вход термистора
29	T11-	(гальванически изолированный)

Схема подключения силовых кабелей изображена на рис.2.4.3

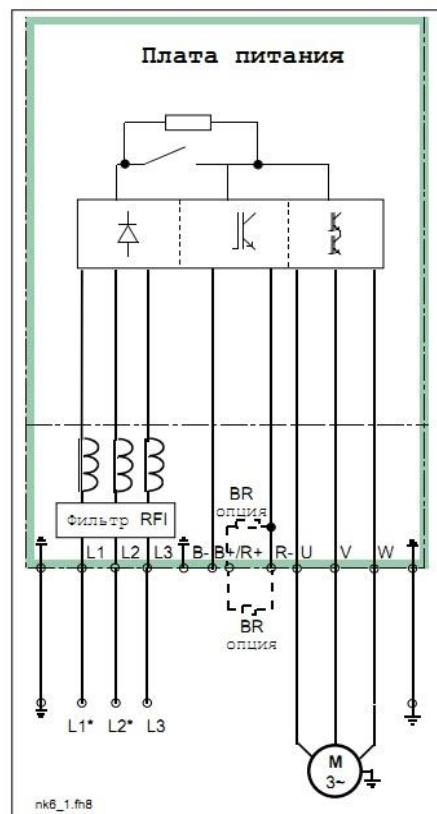


Рис.2.4.3 Схема подключения

Для выбора преобразователя частоты мы находим ток, который потребляет двигатель при работе от преобразователя частоты:

$$I_{номр} = \frac{k \cdot n_n \cdot M_n}{9,55 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U \cdot \sqrt{3}} = \frac{1 \cdot 1000 \cdot 28,65}{9,55 \cdot 0,85 \cdot 0,81 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} = 6,5(A)$$

где:  $k$  – коэффициент искажения тока (принимается от 0,95 до 1,05).

Рассчитываем ток, который потребляет двигатель при линейном разгоне:

$$I_{номр} = \frac{k \cdot n_n}{9,55 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U \cdot \sqrt{3}} \cdot (M_{ст} + M_{дин}) =$$
$$\frac{1 \cdot 1000}{9,55 \cdot 0,855 \cdot 0,81 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} (22,88 + 18) = 9,4(A)$$

Динамический момент нагрузки, возникающий при разгоне инерционной нагрузки:

$$M_{дин} = \frac{J}{9,55} \cdot \frac{n}{t} = \frac{0,017}{9,55} \cdot \frac{1000}{0,1} = 18(H \cdot м)$$

Для расчёта полной потребляемой двигателем мощности в номинальном установившемся режиме используем формулу:

$$S_{номр} = \frac{k \cdot P_n}{\eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1 \cdot 3000}{0,855 \cdot 0,81} = 4347,83B \cdot A \approx 4,35(кВ \cdot А)$$

Принимаем NXS 00312A2H для трехфазного двигателя, напряжением питания 220/380 В, рассчитанный на 7,5 кВт.

# 3. Исследование динамики электропривода

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мартыненко			Исследование динамики электропривода	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Колб А.А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Зав. каф.		Казачковский Н.Н.						



### 3.1 Расчёт регуляторов тока, скорости и потокосцепления

Структурная схема векторной системы управления скоростью асинхронного двигателя и схема асинхронного двигателя в системе отсчета, связанной с вектором потокосцепления ротора  $\Psi_2$  приведена на рис. 3.1.1 и рис. 3.1.2.

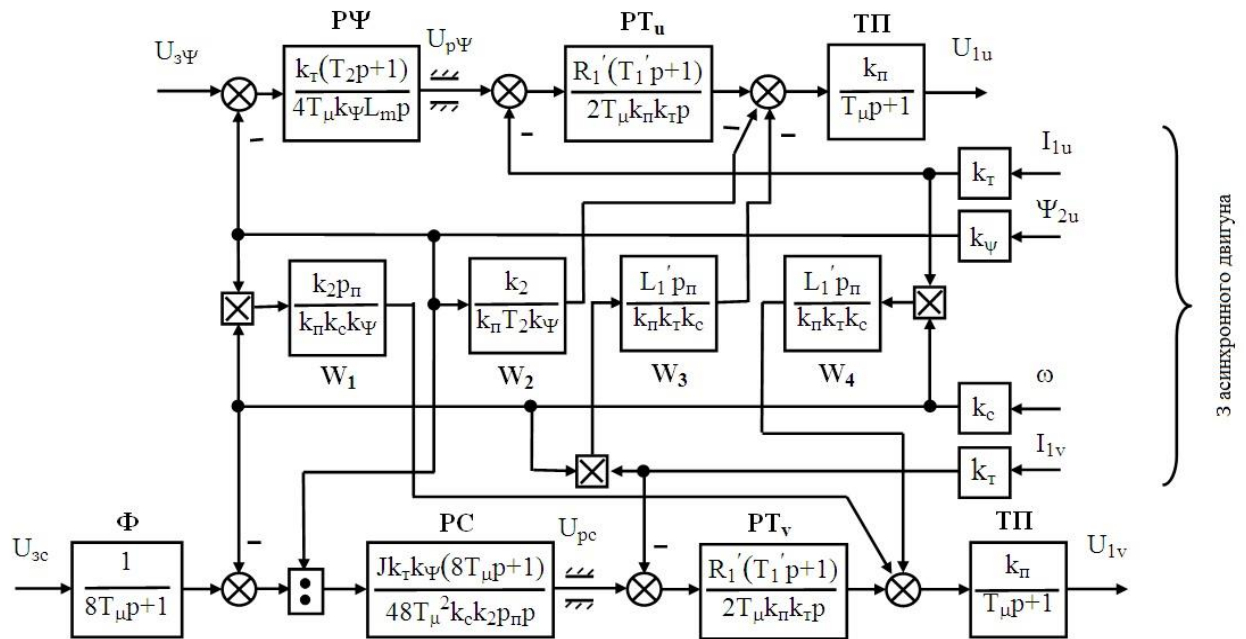


Рисунок. 3.1.1 Структурная схема векторной системы управления скоростью асинхронного двигателя

$k_r$  – датчик тока

$k_\psi$  – датчик потока сцепления

$k_c$  – датчик скорости

ТП – тиристорный преобразователь

PT, PC – регулятор тока и скорости

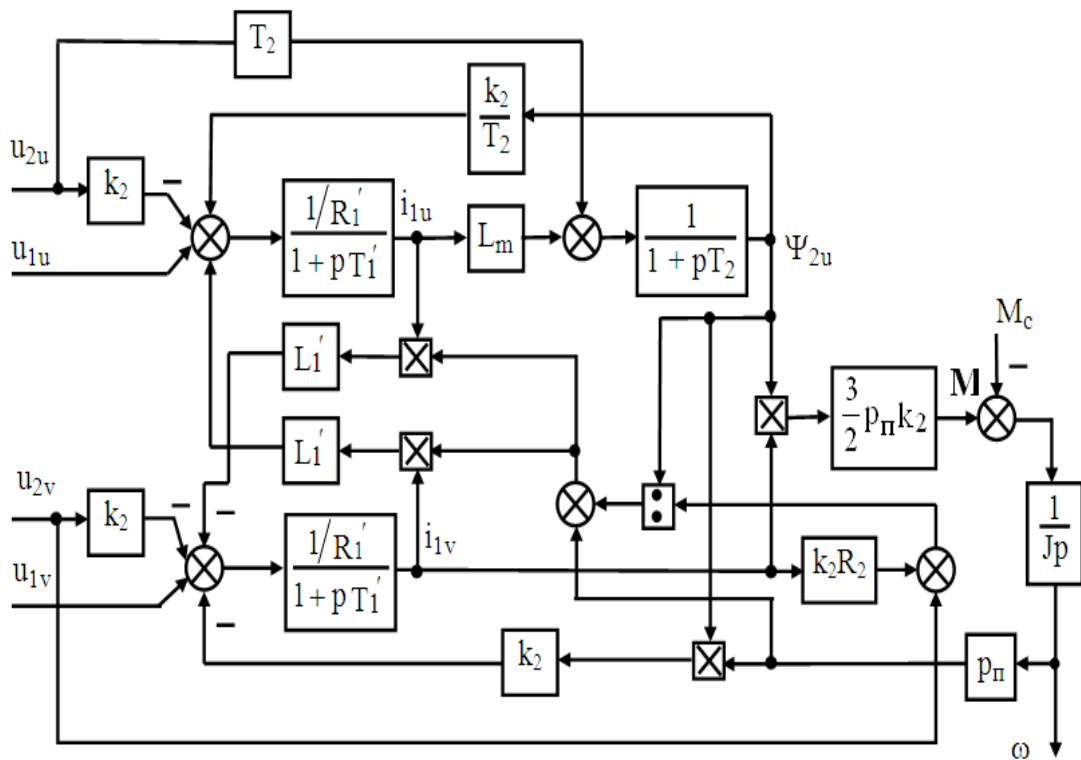


Рисунок. 3.1.2 Структурная схема АД в системе отсчета, связанной с вектором потокосцепления ротора  $\Psi_2$

Приведенные на рисунках переменные рассчитываются исходя из параметров асинхронного двигателя следующим образом:

$f = 50 \text{ Гц}$  – номинальная частота питающей сети;

Угловая частота питающей сети:

$$\omega_o = 2 \cdot \pi \cdot f = 314,16 \text{ (рад/с)}$$

Число пар полюсов электродвигателя :

$$p_{\Pi} = \frac{3000}{n_0} = 3$$

Номинальный фазный ток статора:

$$I_{\Phi H} = \frac{P_H}{3 \cdot U_{\Phi H} \cdot \eta_H \cdot \cos \varphi_H} = 6,5 \text{ (A)}$$

Номинальный момент электродвигателя:

$$M_H = \frac{9,55 \cdot P_H}{n_0 \cdot (1 - s_H)} = 28,65 \text{ (H} \cdot \text{м)}$$

Номинальное потокосцепление электродвигателя:

$$\Psi_H = \frac{M_H}{1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\Phi H} \cdot p_{II} \cdot k_2} = 0,7 \text{ (Вб)}$$

Коэффициент передачи датчика тока:

$$k_T = \frac{U_{y \max}}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot I_{\Phi H}} = 1,53$$

Коэффициент передачи датчика скорости:

$$k_C = \frac{U_{y \max}}{\omega_{\max}} = 0,063$$

Коэффициент передачи датчика потокосцепления:

$$k_{\Psi} = \frac{U_{y \max}}{\Psi_H} = 12,87$$

Коэффициент передачи силового преобразователя:

$$k_{II} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{\Phi H}}{U_{y \max}} = 31,1$$

Регулятор тока:

$$W_{PT}(p) = \frac{[(T_s' p + 1) R']}{2T_{\mu} K_{\Pi} K_T p} = \frac{T_s R'}{2T_{\mu} K_{\Pi} K_T} + \frac{R'}{2T_{\mu} K_{\Pi} K_T p}$$

Передаточная функция регулятора потокосцепления:

$$W_{P\psi}(p) = \frac{\left[ (T_r p + 1) K_r \right]}{4T_\mu K_\psi L_m p} = \frac{T_r K_r}{4T_\mu K_\psi L_m} + \frac{K_r}{4T_\mu K_\psi L_m p}$$

Передаточная функция регулятора скорости:

$$W_{P\omega}(p) = \frac{(8T_\mu p + 1) K_r K_\psi \cdot J}{32T_\mu^2 \frac{3}{2} K_2 r_p K_{дс} p} = \frac{8T_\mu K_r K_\psi \cdot J}{32T_\mu^2 \frac{3}{2} K_2 r_p K_{дс}} + \frac{K_r K_\psi \cdot J}{\frac{3}{2} K_2 r_p K_{дс} 32T_\mu^2 p}$$

Передаточная функция тиристорного преобразователя:

$$T_p = \frac{k_n}{T_\mu p + 1} = 6220p + 31,1$$

Передаточная функция фильтра:

$$\Phi = \frac{1}{8T_\mu p + 1} = 25p + 1$$

Компенсация перекрестных связей:

Компенсаторы ОС введём на вход преобразователя (по аналогии с компенсацией ЭДС в модели ДПТ)

$$W_1 = \frac{\Delta U_{вБлх}(p)}{\Delta U_{вх}(p)} = \frac{K_2 \psi_{rx} w_0}{K_n w_m K_{дс} \psi_{2x} K_\psi} = \frac{K_2 Z_p}{K_n K_{дс} K_\psi}$$

$$W_2 = \frac{\Delta U_{вБлх}(p)}{\Delta U_{вх}(p)} = \frac{K_2 \psi_{rx}}{K_n T_2 K_\psi \psi_{rx}} = \frac{K_2}{K_n T_2 K_\psi}$$

$$W_3 = \frac{\Delta U_{\text{ввх}}(p)}{\Delta U_{\text{вх}}(p)} = \frac{L'_S I_{Sx} W_C}{K_n W_m K_{dc} I_{Sx} K_T} = \frac{L'_S Z_p}{K_n K_{dc} K_T}$$

$$W_4 = \frac{\Delta U_{\text{ввх}}(p)}{\Delta U_{\text{вх}}(p)} = \frac{L'_S I_{Sy} W_0}{K_n W_m K_{dc} I_{Sy} K_T} = \frac{L'_S Z_p}{K_n K_{dc} K_T}$$

Настройка регуляторов тока и скорости (в процентном соотношении) в Vacon происходит автоматически, существуют стандартные настройки регуляторов, которые запрограммированы при изготовлении самого преобразователя, также есть функция автонастройки, с помощью этой функции происходит опрос или так званая подача пробных сигналов на двигатель, которые определяют схему замещения двигателя и настраивают регуляторы.

Примечание: во время автоподстройки по обмоткам двигателя протекает номинальный ток.

При просмотре графиков описывающих работу двигателя, существует возможность подстроить коэффициенты регуляторов вручную.

### 3.2 Расчёт параметров двигателя для моделирования в Simulink

Для моделирования переходных процессов линейных и нелинейных звеньев предлагается моделирование в программе Simulink пакета MATLAB R2009a.

Для практического надзора переходных процессов с помощью средств программы Simulink разработал собственную модель, которая описует работу электропривода конвейера.

Параметры:

$T_\mu = 0,005 \text{ c}$  – постоянная времени силового преобразователя.

$U_{0\text{max}} = 10 \text{ В}$  – максимальное напряжение в системе управления;

$L_{1\sigma} = 0,0043 \text{ (Гн)}$  – индуктивность рассеивания обмотки статора, Гн;

$L_{2\sigma} = 0,0067 \text{ (Гн)}$  – индуктивность рассеивания обмотки ротора, Гн;

$L_1 = 0,0127$  (Гн) – полная индуктивность обмотки статора, Гн;

$L_2 = 0,0129$  (Гн) – полная индуктивность обмотки ротора, Гн;

$L_m = 0,086$  (Гн) – максимальная взаимная индуктивность между

обмотками статора и ротора, Гн;

Коэффициент электромагнитной связи ротора:

$$k_2 = L_m / L_2 = 0,924$$

Эквивалентная индуктивность рассеивания двигателя:

$$L'_1 = L_{1\sigma} + k_2 \cdot L_{2\sigma} = 0,01$$
 (Гн)

Эквивалентное активное сопротивление двигателя:

$$R'_1 = R_1 + k_2^2 \cdot R_2 = 8,67$$
 (Ом)

Эквивалентная электромагнитная постоянная времени обмотки статора:

$$T'_1 = L'_1 / R'_1 = 0,0055$$
 (с)

Эквивалентная электромагнитная постоянная времени обмотки ротора:

$$T_2 = L_2 / R_2 = 0,12$$
 (с)

### 3.3 Модель схемы для Simulink

Модель векторной системы управления АД в системе отсчета, связанной с вектором потокосцепления ротора  $\Psi_2$  приведен на рис.3.3.1

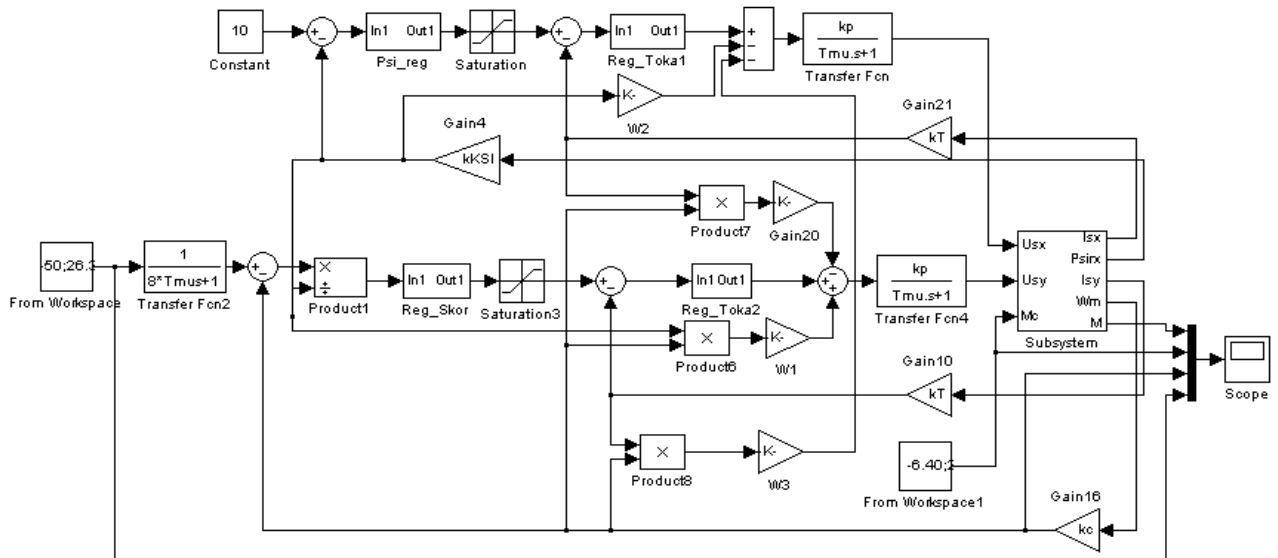


Рис.3.3.1 Модель векторной системы управления АД в системе отсчета, связанной с вектором потокосцепления ротора  $\Psi_2$

Блок Subsystem содержит модель АД, Transfer Fcn2 содержит фильтр, Reg\_Skor, Psi\_reg и Reg\_Toka1,2 - регуляторы скорости потокосцепления и тока.

Блок Constant – постоянное задание потока.

Блок From Workspace – задание на скорость и статического момента.

Модель асинхронного двигателя изображён на рис 3.3.2

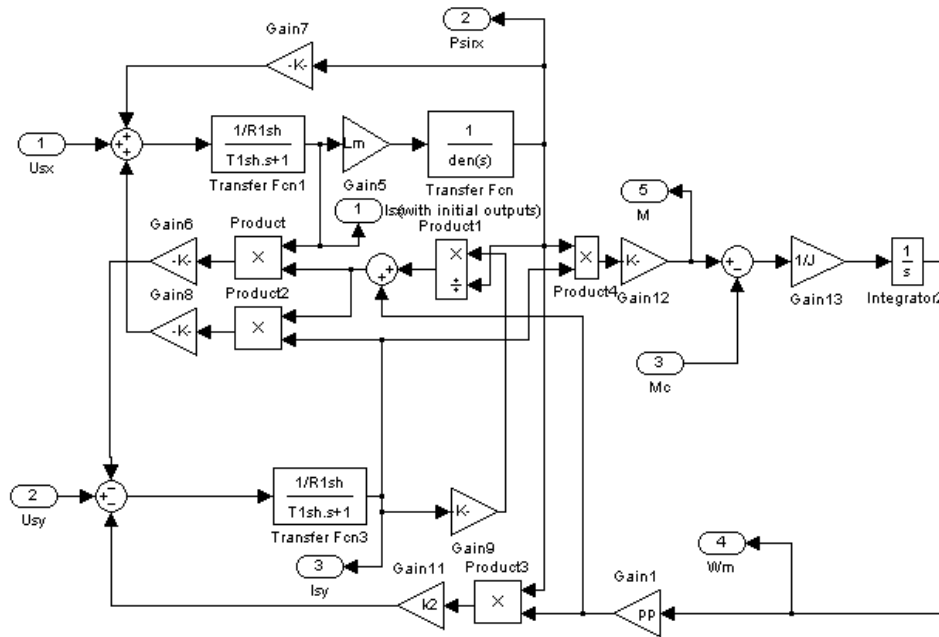


Рис.3.3.2 Модель асинхронного двигателя

### 3.4 Результаты моделирования

График АД отражающий полный цикл работы конвейера изображен на рис.3.4.1.

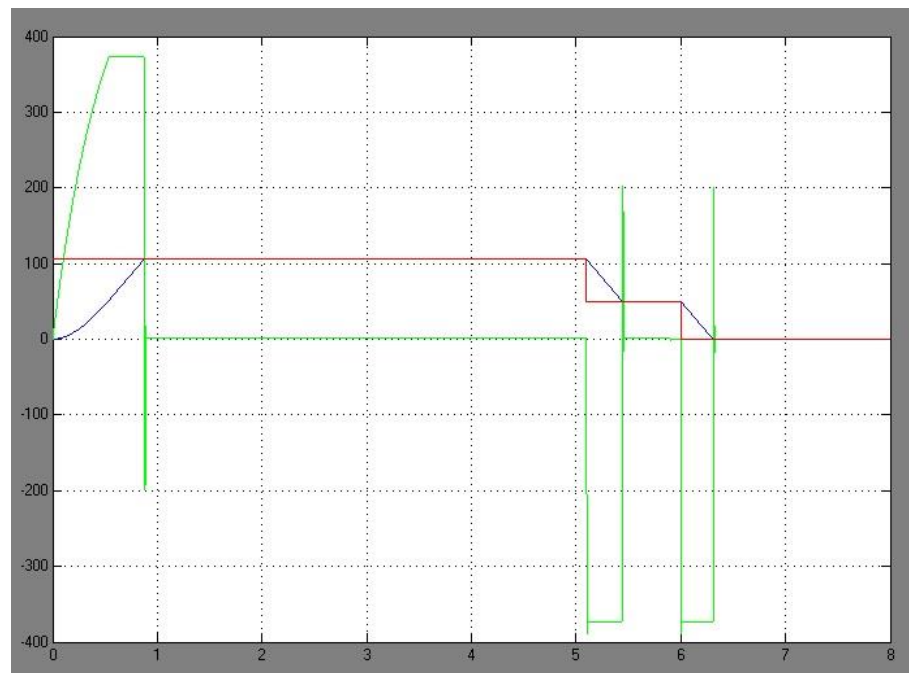


Рис.3.4.1 График векторной системы управления АД в системе отсчета, отражающий полный цикл работы конвейера



График АД отображающий разгон и торможение конвейера  
изображен на рис.3.4.2

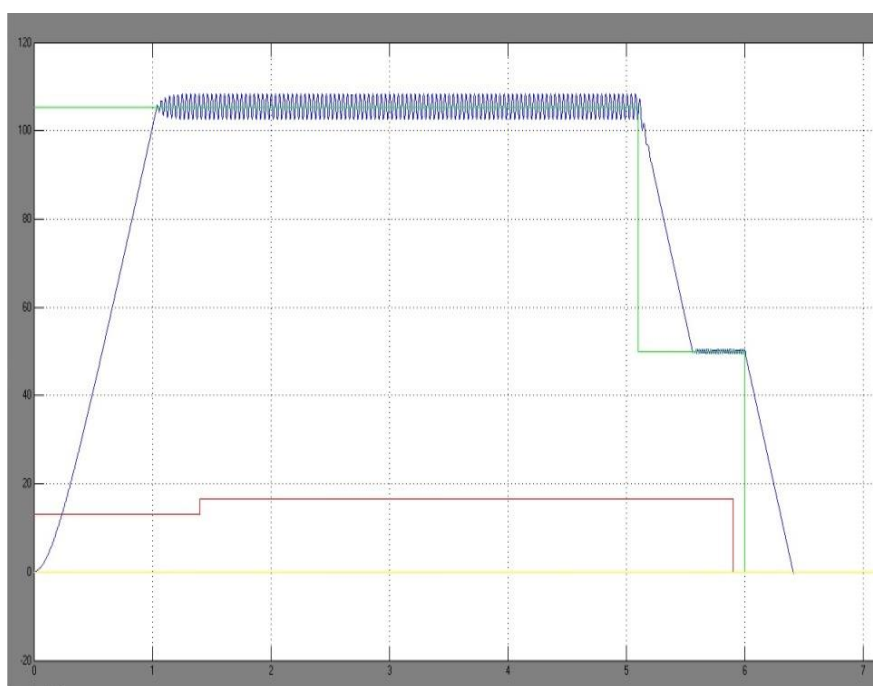


Рис.3.4.2 График векторной системы управления АД при разгоне и  
торможении конвейера

Вывод:

На графиках видно, что модель исправна и выбранный двигатель полностью обрабатывает весь цикл работы.

# 4. Технико-экономическое обоснование

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мартыненко			Технико-экономическое обоснование	Лит.	Лист	Листов
Провер.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Зав. каф.		Казачковский Н.Н.						

#### 4.1 Техничко-экономическая характеристика

Эффективность использования конвейеров в технологическом процессе любого производства зависит от того, насколько тип и параметры выбранного конвейера соответствуют свойствам груза и условиям, в которых протекает технологический процесс.

К таким условиям относятся: темп транспортирования, форма трассы и направление перемещения (горизонтальное, наклонное, вертикальное, комбинированное); условия загрузки и разгрузки конвейера; размеры груза, его форма, удельная плотность, кусковатость, влажность, температуры пр.

Высокая производительность, простота конструкции и сравнительно невысокая стоимость, возможность выполнения на конвейере различных технологических операций, невысокая трудоёмкость работ, обеспечение безопасности труда, улучшение его условий — всё это обусловило широкое применение конвейеров во всех областях народного хозяйства.

В связи с этим в дипломном проекте предлагается внедрение к электроприводу преобразователя частоты фирмы Vacon вместо устаревших тиристорных преобразователей и асинхронный двигатель меньшей мощности. Этот преобразователь частоты нуждается в меньших затратах на монтаж и имеет лучшие энергоэкономические показатели.

Для обоснования экономической целесообразности предложенного в дипломном проекте необходимо решить следующие задания:

1. Расчет капитальных затрат;
2. Расчет эксплуатационных затрат;
3. Определение и анализ показателей экономической эффективности.

## 4.2 Расчет капитальных затрат

Капитальные вложения – это денежные средства, предназначенные для создания и приобретения основных фондов и нематериальных активов, подлежащих амортизации.

Затраты по реализации проектного технического решения могут включать:

- капитальные затраты на приобретение оборудования, материалов, техники, технологии, технических средств контроля и учета расходования ресурсов, приборов диагностики состояния оборудования и т. д.;
- затраты, связанные с выполнением монтажно-наладочных работ, также относимые к капитальным;
- затраты финансовых средств на проведение проектно-конструкторских работ, подготовку персонала и выполнение прочих работ необходимых для реализации технического решения.

Проектные капиталовложения определяются на основе договорных цен на электрооборудование, расценок на выполнение монтажных и наладочных работ и других исходных данных, собранных на предварительном этапе.

При определении величины проектных капиталовложений ( $K_{np}$ ) можно воспользоваться формулой:

$$K_{np} = K_{об} \left( \sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{мзс} + Z_m + Z_n + Z_{np} ,$$

где  $K_{об} \left( \sum_{i=1}^k C_i \right)$  – стоимость приобретения электрооборудования (средств автоматизации, программного обеспечения и т.д.) по проекту или суммарная стоимость комплектующих элементов  $i$  - го вида, необходимых для реализации принятого технического решения;

$k$  - количество необходимых комплектующих элементов;

$Z_{тзс}$  – транспортно – заготовительные и складские расходы;

$Z_m$  – затраты на монтажные работы;

$Z_n$  - затраты на наладочные работы;

$Z_{пр}$  – прочие единовременные вложения денежных средств.

Если проектом предусматривается изготовление необходимой аппаратуры, то расчет таких затрат можно производить либо укрупненным, либо детальным методом по специальным методикам. Стоимость самостоятельно разработанного программного обеспечения также рассчитывается по определенной методике.

Целесообразно затраты на приобретение технических средств или комплектующих изделий представить в виде сводки капитальных затрат (табл. 4.2.1).

Таблица 4.2.1 Сводка капитальных затрат

№ п/п	Наименование технических средств (комплектующих изделий)	Количество	Цена за единицу, грн.	Сумма, грн.
1	Преобразователь частоты Vacon	1	10749,16	10749,16
2	Асинхронный двигатель серии 4A112M6УЗ	1	560	560
	ВСЕГО			11309,16

Данные цен на оборудование на 26.05.16 року.

$$K_{пр} = 11309,16 + 620,13 + 446,09 = 12375,38 \text{ (грн.)}$$

Стоимость транспортно – заготовительных и складских расходов в г.Киев (ООО"ПКФ МЕХАНИКА»), ( $Z_{тзс}$ ) вошла в стоимость оборудования.

Затраты на монтажные ( $Z_m$ ) и на наладочные работы ( $Z_n$ ) можно определить следующим образом:

$$Z_m = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_d \times K_{CM} \times K_{np} = 2 \cdot 13,05 \cdot 12 \cdot 1,2 \cdot 1,375 \cdot 1,2 = 620,13, \text{ (грн.)}$$

$$Z_n = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_d \times K_{CM} \times K_{np} = 2 \cdot 15,02 \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 1,375 \cdot 1,5 = 446,09, \text{ (грн.)}$$

где  $C_i$  – численность работников  $i$  - го разряда, необходимых для выполнения определенного объёма монтажных (наладочных) работ, чел.

$a_i$  - часовая тарифная ставка  $i$  - го разряда, грн.

$t_i$  – время, необходимое для выполнения определенного объёма монтажных (наладочных) работ, час.

$K_d$  - коэффициент, учитывающий размер доплат;

$K_{cm}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные мероприятия;

$K_{np}$  - коэффициент, учитывающий прочие затраты на осуществление монтажных (наладочных) работ.

Прочие единовременные вложения денежных средств ( $Z_{np}$ ) могут включать затраты:

- на демонтаж устаревшего оборудования,
- на проведение проектно-конструкторских работ,
- на подготовку персонала;
- на приобретение готового программного обеспечения.

### 4.3 Расчет эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы – это текущие затраты на эксплуатацию и обслуживание объекта проектирования за определенный период (год), выраженные в денежной форме.

К основным статьям эксплуатационных расходов по электротехническому оборудованию относятся:

- амортизационные отчисления ( $C_a$ );
- заработная плата обслуживающего персонала ( $C_z$ );

- отчисления на социальные мероприятия от заработной платы ( $C_c$ );
- затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования ( $C_m$ );
- стоимость электроэнергии, потребляемой объектом проектирования ( $C_э$ );
- прочие эксплуатационные расходы ( $C_{np}$ ).

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы составят:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_m + C_э + C_{np}, \text{ (грн.)}$$

Расчет эксплуатационных расходов ведется по проектному и базовому вариантам параллельно.

#### 4.4 Расчет амортизационных отчислений

Годовой фонд амортизационных отчислений определяется в процентах от суммы капитальных затрат по видам основных фондов и нематериальных активов по разделам сводки капитальных затрат для проектного варианта и по данным предприятия о балансовой стоимости заменяемого оборудования для базового варианта.

Таблица 4.4.1

Расчет амортизационных отчислений

№	Наименование показателей	Капитальные затраты, грн.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, грн.
1.	Проектный вариант	12375,38	20	2475,07
2.	Базовый вариант	86727,8	20	17345,56

Базовая балансовая стоимость заменяемого оборудования взяты по данным отдела основных средств предприятия, составляют 86727,8 гривен.

#### 4.5 Определение годовых затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт

Годовые затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт электротехнического оборудования включают затраты на материалы, запасные части, заработную плату ремонтным рабочим и могут определяться по фактическим данным предприятия.

Расходы на текущий ремонт аппаратуры автоматики и систем автоматизации можно рассчитать по формуле:

$$З_{т.р.} = \sum_{i=1}^n R_i * t_i * m_i * R_{\Sigma i} + \frac{S_i * \Pi_i}{T_i} * T_{\Phi}$$

где  $n$  - число устройств автоматики, подлежащих ремонту;

$R_i$  - часовая ставка рабочих, выполняющих ремонт, грн;

$t_i$  - трудоемкость одного ремонта при категории сложности ремонта в одну ремонтную единицу в зависимости от вида ремонта ч/ед.:

➤ капитального – 15,0.

$m_i$  - число ремонтов за год (например, для закрытых электромашин число капитальных – 0,1);

$R_{\Sigma}$  - суммарная категория сложности ремонта в зависимости от вида электрооборудования:

асинхронный двигатель от 0,5 до 5 кВт – 1,3;

$S_i$  - стоимость однотипных заменяемых элементов, грн.;

$\Pi$  - количество однотипных заменяемых элементов;

$T$  - средний срок службы деталей данного типа, ч.;

$T_{\Phi}$  - число часов работы аппаратуры в год, ч.

$$З_{т.р.г.р} = 13,05 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 1,3 + \frac{225 \cdot 3}{1600} \cdot 1895 = 824,9(\text{грн.})$$



$$Зт.р.баз = 15,02 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 1,3 + \frac{432 \cdot 3}{1200} \cdot 1895 = 2033,28(\text{грн.})$$

#### 4.6 Расчет стоимости потребленной электроэнергии

Стоимость электроэнергии, потребляемой объектом проектирования в течение года, определяется исходя из его установленной мощности и годового фонда рабочего времени объекта проектирования по формуле:

$$C_э = W_э \cdot Ц_э, \text{ (грн.)},$$

$$C_{эпр} = W_{гпр} \cdot Ц_э = 364787,5 \cdot 1,2 = 437745 \text{ (грн.)};$$

$$C_{эбаз} = W_{гбаз} \cdot Ц_э = 396055 \cdot 1,2 = 475266 \text{ (грн.)};$$

$$W_{гпр} = P_{дв.пр} \cdot Ц_э \cdot T_{ф} = 2007 \cdot 1,2 \cdot 1895 = 456391, \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

$$W_{гбаз} = P_{дв. баз} \cdot Ц_э \cdot T_{ф} = 2200 \cdot 1,2 \cdot 1895 = 500280, \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

где  $W_э$  – количество потребленной за год электроэнергии, кВт·ч;

$Ц_э$  – тариф на электроэнергию по состоянию на конкретную дату, грн./кВт·ч;

$$C_{пр} = C_a + C_з + C_с + C_т + C_э + C_{пр} =$$

$$2475,07 + 38160 + 14310 + 2148,45 + 437745 + 566,36 = 495404,88(\text{грн.})$$

$$C_{баз} = C_a + C_з + C_с + C_т + C_э + C_{пр} =$$

$$17345,56 + 38160 + 14310 + 2033,28 + 475266 + 500 = 547614,84(\text{грн.})$$

#### 4.7 Определение годовой экономии от внедрения объекта проектирования

Годовая экономия от внедрения принятого технического решения ( $Э_э$ ) может заключаться в следующем:

- ◆ непосредственной экономии ресурсов, снижении себестоимости и увеличении прибыли от реализации продукции (при прочих равных);
- ◆ увеличении выпуска продукции за счет сокращения времени простоев основного технологического оборудования и улучшения качества продукции. Это также приводит к увеличению прибыли предприятия в результате увеличения объема реализации и продажной цены (при прочих равных);
- ◆ сокращении экологических платежей, обусловленном уменьшением вредных выбросов предприятия.

Полная годовая экономия от внедрения варианта определяется с учетом эксплуатационных затрат по данному объекту:

$$\mathcal{E} = \Delta C = 52209,96, \text{ (грн.)}$$

Расчеты полной годовой экономии выполняются по каждому из вариантов, рассматриваемых в дипломном проекте.

Если годовую экономию предусматривается получать только при внедрении данного проектного варианта, то расчет полной годовой экономии может производиться по формуле:

$$\Delta C = C_{\text{баз}} - C_{\text{пр}} = 547614,84 - 495404,88 = 52209,96$$

где  $\Delta C$  – экономия (перерасход) на эксплуатационных расходах.

#### **4.8 Определение и анализ показателей экономической эффективности**

Оценка экономической эффективности рассматриваемых в дипломном проекте технических и организационных решений осуществляется на основе определения и анализа следующих показателей:

- а) расчетного коэффициента эффективности (доходности) капитальных затрат  $E_p$ ;
- б) срока окупаемости капитальных затрат  $T_p$ .

Коэффициент эффективности (доходности) капитальных затрат  $E_p$  показывает, сколько гривен дополнительной прибыли (экономии) приносит одна гривна капитальных затрат:

$$E_p = \frac{\mathcal{E}}{K} = \frac{52209,96}{12375,38} = 4,2 \text{ доли ед.},$$

где  $\mathcal{E}$  – общая годовая экономия от внедрения объекта проектирования, тыс. грн.;

$K$  – капитальные затраты по варианту, вызвавшие экономию, тыс. грн.

Срок окупаемости капитальных затрат  $T_p$  показывает, за сколько лет они окупятся за счет общей экономии от внедрения варианта:

$$T_p = \frac{K}{\mathcal{E}} = \frac{12375,38}{52209,96} = 0,24 \text{ (лет)}$$

Для окончательной оценки вариантов и выбора наиболее эффективного из них необходимо сравнить расчетное значение  $E_p$  с нормативным значением  $E_n$ .

Проект (вариант) капитальных вложений признается целесообразным при условии

$$E_p > E_n$$

Определить нормативное значение коэффициента эффективности можно также исходя из приемлемой для предприятия индивидуальной нормы доходности:

$$E_n = 1/T_{ож},$$

где  $T_{ож}$  – ожидаемый, приемлемый для предприятия срок окупаемости капитальных вложений, лет.

При этом вариант признается экономически целесообразным при условии

$$E_p > \frac{1}{T_{ож}} = \frac{1}{0,24} = 4,1$$

Срок окупаемости оборудования принимаем 1 год.

Результаты технико-экономического обоснования эффективности внедрения результатов дипломного проекта оформляются в виде таблицы 4.8.1

Таблица 4.8.1 Сравнительная оценка технико-экономических показателей

№ п/п	Наименование показателей	Ед. измерения	Проектный вариант	Альтернативный вариант	Изменение по сравнению с альтернативным вариантом(±)	
					тыс. грн.	%
1	2	3	4	5	6	7
1	Капитальные затраты	грн.	12375,38	86727,8	-74352,42	-600,8
2	Эксплуатационные расходы, всего	грн.	495404,88	547614,84	-52209,96	-10,5
	в том числе:					
	* амортизационные отчисления	грн.	2475,07	17345,56	-14870,49	-600,8
	* техническое обслуживание и текущий ремонт	грн.	824,9	2033,28	-1208,38	-146,4
	*стоимость потребляемой электроэнергии	грн.	437745	475266	-37521	-8,5
4	*годовая экономия, всего	грн.	-	28052,37	-	-
	Расчетный коэффициент эффективности	доли ед.	-	2,3	-	-
5	Расчетный срок окупаемости капитальных вложений	лет	-	0,44	-	-

# 5.Охрана труда

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мартыненко			Охрана труда	Лит.	Лист	Листов
Провер.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Зав. каф.		Казачковский Н.Н.						

## **5.1 Анализ опасных и вредных факторов**

Условия труда на рабочих местах в производственных помещениях складываются под воздействием большого числа факторов, различных по своей природе, формам проявления, характеру воздействия на человека. В результате нарушения установленных норм, правил, недоучета физиологических возможностей человека при эксплуатации конвейера могут возникнуть опасные зоны и вредные условия, отрицательно влияющие на здоровье работающих. Поэтому анализ условий труда сводится к исследованию опасных и вредных производственных факторов.

К опасным факторам при работе конвейера относятся: подвижные части самого конвейера, передвигающиеся изделия, оснастка и инструмент: разлетающиеся осколки от рабочих частей оснастки при возможном их разрушении; повышенное напряжение в электрической цепи оборудования; недостаточная освещенность рабочего места; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте; повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; физические перегрузки при транспортировании заготовок, деталей, оснастки; пожароопасность. Все перечисленные факторы при их возникновении оказывают влияние на организм человека, снижая его работоспособность.

## **5.2 Методы и средства защиты от шума**

Санитарные нормы допустимого шума обуславливают необходимость разработки технических, архитектурно-планировочных и административных мероприятий, направленных на создание отвечающего гигиеническим требованиям шумового режима, как в городской застройке, так и в зданиях различного назначения, позволяют сохранить здоровье и работоспособность населения. Одним из эффективных средств борьбы с производственным шумом является использование демпфирующих металлических и неметаллических материалов. Однако неметаллы не используются для

снижения шума соударений из-за их невысоких прочностных характеристик, а металлические материалы, характеризующиеся высокими прочностными свойствами, обеспечивают снижение шума весьма незначительно, поэтому встал вопрос о создании принципиально новых материалов, которые могли бы иметь высокие прочностные характеристики и достаточные демпфирующие свойства. Такими материалами являются биметаллы, которые позволяют получать такое сочетание служебных свойств, которое нельзя получить в одном отдельно взятом металле или сплаве, например: высокую прочность с коррозионной стойкостью, ударную вязкость с износостойкостью, прочность с высокой электро- и теплопроводностью, высокую прочность и достаточные демпфирующие свойства и т.д. До сих пор робкие попытки использовать биметаллы для снижения шума и вибрации не обеспечили решение проблемы, поэтому весьма актуальным является научное исследование, посвященное разработке биметаллов с повышенными демпфирующими свойствами. Технические средства защиты от шума: звукопоглощение, звукоизоляция, экранирование, средства демпфирования и глушители шума. Средства индивидуальной защиты.

Меры борьбы с шумом:

- замена шумных процессов бесшумными или менее шумными;
- улучшение качества изготовления и монтажа оборудования;
- укрытие источников шума;
- вывод работающих людей из сферы шума;
- применение индивидуальных защитных средств.

### **5.2.1 Методы защиты от вибрации и запыленности на рабочем месте**

Методы защиты от запыленности

- системы туманообразования высокого давления;
- влажная уборка помещений;

- индивидуальные средства защиты (респираторы, маски, очки и др.).

#### Методы по снижению вибрации

- на вибрирующие поверхности наносят слой резины, мастики или пластмассы, которые рассеивают энергию вибрации;
- устанавливают резиновые подушки;
- в качестве средств индивидуальной защиты как метода снижения вибрации применяют обувь на виброгасящей подошве (войлочной, резиновой или микропористой) - от вибрации, передаваемой человеку через ноги, и специальные виброгасящие перчатки или рукавицы (с виброзащитными прокладками) — от вибрации, передаваемой на руки.

#### 4.2.2 Расчет освещения рабочего места оператора конвейера

Исходные данные для расчета:

Геометрические размеры участка: длина  $A=34$  м; ширина  $B=15$  м; высота помещения  $H=8$  м.

Характеристика помещения цеха: производственное металлообрабатывающее помещение, которое содержит в рабочей зоне  $0,5$  мг/м<sup>3</sup> пыли и дым, с побеленным потолком, побеленной стеной и не завешанными шторами окна и бетонным полом.

Расчет искусственного освещения выполняю методом коэффициента использования светового потока.

Необходимый световой поток ламп в каждом светильнике определим по формуле

$$\Phi = \frac{ESkz}{N\eta},$$

где  $E$  – нормированная минимальная освещенность, лк;  $S$  – освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;  $k$  - коэффициент запаса;  $z$  - коэффициент минимальной



освещенности;  $N$  – количество светильников в помещении, шт.;  $\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Предусматриваю использование как источника света газоразрядных ламп ДРИ.

Принимаем:  $E=200$  лк.

Освещаемая площадь участка:

$$S = 34 \times 15 = 510 \text{ (м}^2\text{)}$$

Коэффициент запаса для помещения, который удерживает в рабочей зоне  $0,5 \text{ мг/м}^3$  пыли и дыма, при использовании газоразрядных ламп составляет  $k = 1,5$ .

Коэффициент минимальной освещенности, при оптимальном соотношении расстояния между светильниками к рассчитанной высоте подвеса и использовании газоразрядных ламп типа ДРИ составляет  $z = 1,15$ .

Для определения числа светильников в помещении определим расчетную высоту подвеса:

$$h = H - h_{ce} - h_{pn},$$

где  $h_{ce} = 1,5$  м - высота подвеса светильников от перекрытия;  $h_{pn} = 0,8$  м - высота рабочей поверхности над потолком, м.

$$h = 8 - 1,5 - 0,8 = 5,7 \text{ (м);}$$

– расстояние между светильниками:

$$L_m = \lambda h = 1,4 \cdot 5,7 = 8 \text{ (м)}$$

где  $\lambda = 1,4$  – наиболее выгодное соотношение расстояния между светильниками к расчетной высоте подвеса, для светильников типа ДРИ с глубокой типовой кривой света.

– число светильников в помещении:

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{510}{8^2} \approx 8$$

Для определения коэффициента использования  $\eta$  находят индекс помещения:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{34 \cdot 15}{5,7 \cdot (34 + 15)} = 1,8$$

где А и В – длина и ширина помещения, м; h – расчетная высота подвеса, м.

Выходя с приведенной характеристике поверхности помещения, которая отражает, определяем коэффициент отражения поверхности: потолка  $\rho_n = 70\%$ ; стен  $\rho_c = 50\%$ ; пола  $\rho_e = 10\%$ .

Для указанных ранее светильников, с учетом полученных значений  $\rho$  и индекса помещения определим коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,72$ .

Тогда световой поток ламп в каждом светильнике составит:

$$\Phi = \frac{ESkz}{N\eta} = \frac{200 \cdot 510 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{8 \cdot 0,72} = 305468 \text{ (лм)}$$

Выходя из полученного светового потока выбираем дуговую ртутную лампу с выправленной передачей цвета типу ДРИ400 с следующими техническими данными:

мощность лампы – 400 Вт;

световой поток после 1000 часов работы – 32000 лм;

термин службы – 4000 годин.

Общая мощность, потребленная светильниками составит:

$$P=0,4 \cdot 8 = 3,2 \text{ (кВт)}$$

Отклонение фактической освещенности от заданной состави:

$$\Delta = \frac{32000 - 30546,8}{30546,8} \cdot 100\% = 4,75\%$$

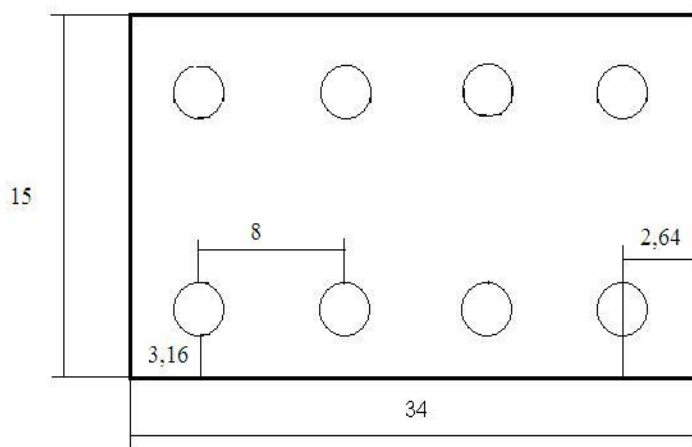


Рис. 4.2.2.1 Расположение светильников в помещении.

### 5.3 Противопожарная профилактика

Противопожарная профилактика – это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров и создание условий для их успешного тушения.

Проблема предупреждения пожаров и борьба с ними находится в тесной связи с проблемами охраны труда. Профилактика и предупреждение пожаров ведется на научной основе и служит составной частью технологических процессов производства, а также планировки и застройки территории предприятия.

На предприятии разработаны инструкции по мерам пожарной безопасности, в которых указаны для отдельных участков производства мероприятия по противопожарному режиму, предельные показания контрольно-измерительных приборов, порядок и нормы хранения взрыво- и пожароопасных веществ. По каждой инструкции назначено ответственное лицо их числа инженерно-технических работников.

Для тушения пожаров на предприятии существует пожарная охрана, все производственные цеха и помещения оборудованы пожарной сигнализацией.

Основными первичными средствами пожаротушения являются:

- огнетушители углекислотные ОУ-2, ОУ-5, каждого по 2 шт, размещены на стене на расстоянии 20 м от конвейера;
- огнетушители порошковые ОПС-6, ОПС-10; каждого по 1 шт, размещены на стене на расстоянии 15 м от конвейера;
- ящики с песком;
- пожарные щиты с инвентарем;
- пожарные водопроводы;
- противопожарная сигнализация.

В целях предупреждения пожаров и создания безопасных условий труда на предприятии проводятся следующие мероприятия:

- проводиться противопожарный инструктаж работников;

- устанавливаются достаточные разрывы между зданиями, сооружениями, складами, запрещается хранение горючих материалов в разрывах между зданиями;
- обеспечиваются условия для организации эвакуации из помещений в случае возникновения пожара;
- внедряются в производство системы автоматического контроля и сигнализации за возникновением опасных факторов.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Причинами аварий и катастроф могут являться стихийные бедствия, нарушения режимов технологических процессов (несоблюдение технологической дисциплины) либо правил эксплуатации производственного, энергетического, транспортного и др. оборудования, а также правил техники безопасности. Такие аварии и катастрофы зачастую оказывают губительное влияние не только на людей, но и на природную среду, вызывая загазованность атмосферы, разливы на суше и воде нефти, нефтепродуктов, агрессивных жидкостей, сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), выбросы радионуклидов.

Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций должна выполняться в максимально короткие сроки. В этой деятельности различают три основных этапа.

На первом этапе реализуются мероприятия по экстренной защите рабочих. Через систему оповещения рабочих информируют о возникновении чрезвычайных ситуаций и о необходимости использования средств индивидуальной защиты. Проводятся эвакуация людей из опасных зон и оказание им первой медицинской помощи. Принимаются неотложные меры для локализации аварий, а в случае необходимости вводится в действие

комплекс противопожарных мероприятий. Возможны также временная остановка технологических процессов на предприятиях или их изменение.

На этом этапе проводится подготовка к выполнению спасательных и других неотложных работ. Для этого заблаговременно создаются специально обученные спасательные формирования.

На втором этапе проводятся спасательные и другие неотложные работы, а также продолжается выполнение задач по защите рабочих и уменьшению последствий чрезвычайных ситуаций, начатых на первом этапе. Продолжаются локализация и тушение пожаров, а также спасение людей из горящих зданий и сооружений.

На заключительном (третьем) этапе начинаются работы по восстановлению функционирования объектов предприятия, которые выполняются строительными, монтажными и другими специальными организациями.

Количество эвакуационных выходов должно быть не менее двух в соответствии строительным нормам и правилам, так как в металлообрабатывающем цехе работает, как правило, более 50 человек одновременно. Эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточено.

Ширина путей эвакуации в свету должна быть не менее 1 м, дверей - не менее 0.8 м. Высота прохода на путях эвакуации должна быть не менее 2 м.

Ширину лестничных маршей достаточно принять для прохода одного человека 0,6-0,7 м. Высоту прохода принимаем не менее 1900...2000 мм.

Согласно СНиП 23-05-95, к параметрам аварийного освещения следует отнести минимальную освещенность –1 лк, максимальное время переключения –1 с, расчетная длительность работы источника освещения –3 ч.

Устья проемов для выброса воздуха, удаляемого аварийной вентиляцией, следует располагать на высоте не менее 3-х метров от уровня

земли, не ближе 20м или на 6м выше приемных устройств для притока воздуха в помещения.

# Вывод

В данном дипломном проекте был произведен анализ и расчет самого конвейера и выбор преобразователя частоты, который заменил давно устаревший тиристорный преобразователь. А также экономический расчет окупаемости и перспективы установки преобразователя частоты.

В технологической части представлен общее описание конвейера и его параметры.

В специальном разделе были сделаны расчеты и выбор электропривода для конвейера, а также было произведено моделирование в пакете Matlab Simulink. Произведен анализ системы регулирования и выбор для данного электроприводу систему подчиненного регулирования которая отработывает нужный цикл работы конвейера.

Предусмотрены благоприятные и безопасные условия для работы обслуживающего персонала.



# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с., ил.
2. Выбор мощности электропривода механизмов прокатных станов. / А.Б. Зеленов – Учеб. пособие, – К.: УМК ВО, 1990, - 200с
3. Казачковский Н.Н. Комплектный электропривод. – Днепропетровск: НГУ, 2003
4. Казачковский Н.Н. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине “Автоматизированный электропривод промышленных установок в машиностроении и металлургии” – Днепропетровск: ДГИ, 1992.
5. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. Королев А.А. – М.: Металлургия, 1969
6. Летучие ножницы./ Королев А.Н. – М.: Машгиз, 1950.
7. Методические указания к написанию экономической части дипломного проекта; составители: Шереметьева И. В., Немцов О.Г.; Днепропетровск; 1997 г.
8. Методические указания по выполнению раздела «Охрана труда и окружающей среды» в дипломных проектах; под ред.: Бойко В. А.; Голинько В. И.; Фрундин В. Е.
9. Охрана труда в электроустановках, под ред. Б. А. Князевского; Москва; 1972 г.
10. Руководство по эксплуатации датчиков положения типа РФ701.
11. Руководство по эксплуатации СУ электропривода ножниц.
12. Системы управления электроприводами. Под ред. Соляника В.П.– К.: Знание, 1993.

- 13.Справочник по проектированию ЭС. – М.: Энергоиздат, 1985
- 14.Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х томах /Под. Ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – Москва.: Машиностроение, 1985.
- 15.Фишбейн В.Г. Расчет систем подчиненного регулирования вентильного электропривода постоянного тока. – М.: Энергия, 1972.
- 16.Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. – М.: Энергоатомиздат. 1981
- 17.Электротехнический справочник. – М.: Энергия, 1983