

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)
бакалавр
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

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

напрямок підготовки 6.05070204 «Електромеханіка»
(код і назва напрямку підготовки)

освітній рівень бакалавр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація фахівець у галузі електромеханіки
(код і назва кваліфікації)

на тему: Автоматизована електромеханічна система
тягового елемента скребкового конвеєра

Виконавець:

студент 4 курсу, групи ЕМ-14-1

(підпис)

Попов С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	<i>Бородай В.А.</i>		
розділів:			
<i>Спеціальна частина</i>	<i>Бородай В.А.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>Голінько В.І.</i>		
<i>Економіка</i>	<i>Тимошенко Л.В.</i>		
Рецензент	<i>Ковальов О.Р.</i>		
Нормоконтроль	<i>Казачковський М.М.</i>		

Дніпро
2018

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувач кафедри

електроприводу

(повна назва)

Казачковський М.М.

(прізвище, ініціали)

(підпис)

« 29 » _____ 01 _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

бакалавр

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту ЕМ-14-1 Попову С.В.

(група)

(прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту Автоматизована електромеханічна система
тягового елемента скребкового конвеєра

затверджена наказом ректора НТУ "Дніпровська політехніка" від
__07.05.2018__ № __568-л__

Розділ	Зміст	Термін виконання
Спеціальний	Розрахунок та вибір електротехнічного обладнання конвеєра, дослідження динаміки електроприводу.	29.01 – 27.05
Охорона праці	Аналіз шкідливих і небезпечних факторів та заходи щодо їх усунення	28.05 – 3.06
Економічний	Розрахунок основних техніко-економічних показників впровадження дипломного проекту.	4.06 – 10.06

Завдання видав

(підпис)

Бородай В.А.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Попов С.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: __29.01.2018__

Термін подання дипломного проекту до ДЕК __20.06.2018__

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
РЕФЕРАТ	5
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	9
1.1 Общие сведения. Классификация.....	10
1.2 Особенности конструкции и кинематика объекта проектирования.....	12
1.3 Обоснования требований к электроприводу.....	13
2. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД.....	16
2.1 Техническое задание на проектирование.....	17
2.2 Расчет конструкционных параметров электромеханической системы.....	17
2.3 Тяговый расчет и определение мощности привода.....	19
2.4 Выбор комплектного электропривода	26
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	30
3.1 Общие сведения о методах частотного управления	31
3.2 Расчет параметров скалярной системы управления	32
3.3 Разработка модели электропривода и результаты моделирования.....	37
4. ОХРАНА ТРУДА.....	41
4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов проектированного объекта.....	42
4.2 Инженерно-технические мероприятия по охране труда.....	43
4.3 Пожарная профилактика.....	45
4.4 Мероприятия по эргономике.....	46
5. ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	47
5.1 Введение.....	48
5.2 Расчет капитальных затрат.....	49
5.3 Расчет эксплуатационных расходов.....	51

5.4 Выводы.....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	61

Реферат

Пояснительная записка стр. 67, рис. 12, табл. 7, источников использованной литературы 15, листов чертежей 4.

Объект работы: электропривод скребкового конвейера.

Цель работы: проектирование скребкового конвейера с последующим выбором мощности двигателя и использования комплектного электропривода.

Выбраны элементы силовой цепи: асинхронный электродвигатель 4A160S6У3, преобразователь частоты ALTIVAR 71. Рассчитаны параметры скалярного управления системы регулирования скорости.

Исследована динамика проектируемого электропривода в режимах пуска, установившегося движения, изменения скорости и торможения с использованием специализированного пакета MATLAB приложения Simulink.

Изучены опасные и вредные факторы на производстве и предложены инженерные мероприятия по снижению влияния этих факторов на механизм и обслуживающий персонал, приведены мероприятия по эргономике.

Рассчитаны капитальные затраты, амортизационные отчисления и затраты на техническое обслуживание и ремонт скребкового конвейера.

СКРЕБКОВЫЙ КОНВЕЙЕР, ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ДВУХЗОННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ, КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ, АМОРТИЗАЦИОННЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ

					ЕП.ПД.18.08.Р.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реферат

Пояснювальна записка стор. 67, рис. 12, табл. 7, джерел використаної літератури 15, листів креслень 4.

Об'єкт роботи: електропривод скребкового конвеєра.

Мета роботи: проектування скребкового конвеєра з подальшим вибором потужності двигуна і використанням комплектного електроприводу.

Обрані елементи силового ланцюга: асинхронний електродвигун 4A160S6У3, перетворювач частоти ALTIVAR 71. Розраховані параметри скалярного керування системи регулювання швидкості.

Досліджено динаміку спроектованого електроприводу в режимах пуску, усталеного руху, зміни швидкості і гальмування з використанням спеціалізованого пакету MATLAB додатку Simulink.

Вивчено небезпечні і шкідливі фактори на виробництві та запропоновано інженерні заходи щодо зниження впливу цих факторів на механізм і обслуговуючий персонал, наведені заходи по ергономіці.

Розраховані капітальні витрати, амортизаційні відрахування і витрати на технічне обслуговування і ремонт скребкового конвеєра.

СКРЕБКОВИЙ КОНВЕЄР, ЕЛЕКТРОПРИВОД ЗМІННОГО СТРУМУ, ДВОЗОННА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ, ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ, БЕЗПЕКА, КАПІТАЛЬНІ ВИТРАТИ, АМОРТИЗАЦІЙНІ ВІДРАХУВАННЯ

					ЕП.ПД.18.08.Р.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

Explanatory note page 66, Fig. 12, tab. 7, sources of used literature 15, sheets of drawings 4.

Object of work: electric drive of a scraper conveyor.

The purpose of the work: designing a scraper conveyor with the subsequent choice of engine power and the use of a complete electric drive.

The elements of the power circuit are selected: asynchronous electric motor 4A160S6U3, frequency converter ALTIVAR 71. The scalar control parameters of the speed control system are calculated.

The dynamics of the projected electric drive in the modes of start-up, steady-state motion, changes in speed and braking with the use of the specialized package MATLAB of the Simulink application is investigated.

Hazardous and harmful factors in production were studied and engineering measures were proposed to reduce the influence of these factors on the mechanism and maintenance personnel, and measures for ergonomics are given.

Capital costs, depreciation charges and costs for maintenance and repair of the scraper conveyor are calculated.

SCREW CONVEYOR, AC ELECTRIC, DUAL-REGULATED REGULATION SYSTEM, FREQUENCY CONVERTER, SAFE, CAPITAL EXPENSES, AMORTIZATION COSTS

					ЕП.ПД.18.08.Р.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВЕДЕНИЕ

Не смотря на сложную экономическую ситуацию в Украине, горно-металлургический комплекс, который объединяет предприятия чёрной и цветной металлургии, остаётся по прежнему базой для наполнения бюджета и одним из наибольших работодателей, который обеспечивает занятость населения. Несомненно, эта отрасль производства и в будущем будет иметь большие перспективы, что подтверждается статистическими данными прошлых лет. Так, по данным на 2005 год доходность отрасли обеспечивала 10% ВВП и 40% валютных поступлений страны.

Украина является одним из лидеров по производству черных металлов в мире и для поддержания конкурентоспособности данной отрасли на мировом рынке, первоочередной задачей является внедрение современных технологий в производство.

До сих пор на конвейерном транспорте используются морально и физически устаревшие нерегулируемые электропривода с релейно-контакторным управлением. Особенностью приводов постоянного тока является сложность конструкции, связанная с наличием коллекторно-щеточного механизма, который нуждается в периодическом обслуживании. Нерегулируемый асинхронный привод обладает относительно низким КПД, который повышает потери энергии особенно при недогрузе механизма. В отличие от не регулируемого электропривода, современный асинхронный электропривод с короткозамкнутым ротором и преобразователем частоты лишен этих недостатков. Преимущества регулируемого АД главным образом обеспечиваются применением ресурсосберегающих режимов и управления скоростью вращения ротора на уровне не хуже регулировочных возможностей приводов постоянного тока.

Принимая во внимание очевидные достоинства регулируемого АД с частотным управлением, в проекте принято решение об его использовании в тяговом механизме скребкового конвейера.

					ЕП.ПД.18.08.ВС.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Технологическая часть

					ЕП.ПД.18.08.01.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Общие сведения. Классификация.

Скребковые конвейеры – это машины, предназначенные для транспортирования грузов путем волочения по неподвижному круглому или прямоугольному желобу при помощи движущихся скребков прикрепленных к тяговому элементу. Конвейеры такого типа используются в тех случаях, когда необходимо переместить пылевидные, кусковые или зернистые грузы на расстояния до 100м. Их также широко применяют для транспортировки различного вида горных пород, в металлургии, химической и пищевой промышленности, в сельском хозяйстве, железнодорожном и водном транспорте.

Конвейеры данного типа разделяют на конструктивные типы по высоте и форме скребка, а именно на конвейеры со сплошными (рис.1 а, б) и контурными (фигурными) скребками (рис.1, в).

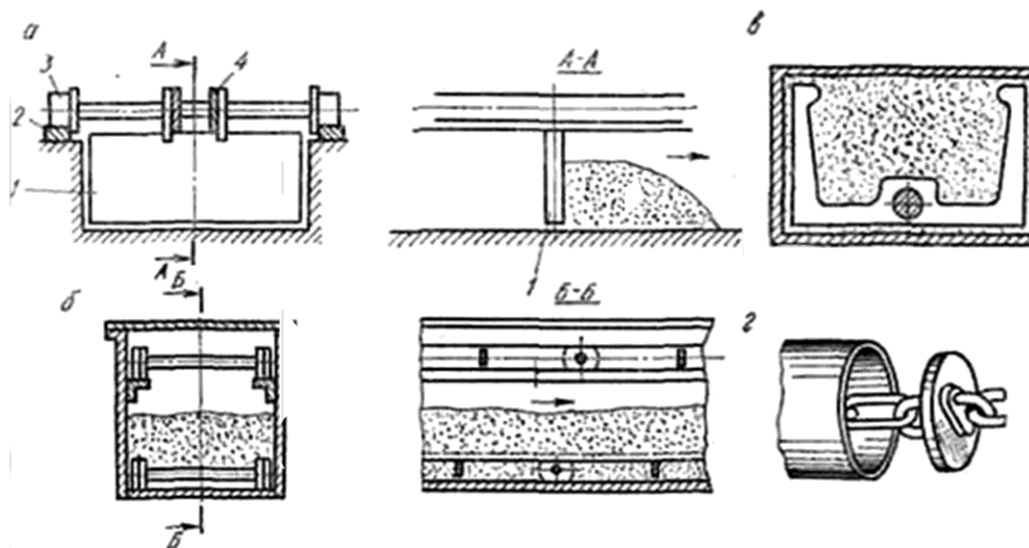


Рис.1.1 – Технологическая схема скребковых конвейеров:
а – с высокими сплошными скребками; б – с низкими погруженными скребками; в – с контурными скребками; г – трубчатый конвейер; 1 – скребок; 2 – направляющие; 3 – ходовые катки; 4 – тяговая цепь

Конвейеры со сплошными скребками в свою очередь могут быть порционного (рис.1, а) или сплошного (рис.1, б) волочения. Конвейеры порционного волочения, или, как их еще называют, конвейеры с высокими скребками перемещают материал отдельными порциями, и имеют высоту скребков равную

высоте желоба, которые в несколько раз больше высоты пластин тяговой цепи. Конвейеры сплошного волочения или конвейеры с низкими (погруженными) скребками перемещают материал сплошной массой, которая заполняет все рабочее сечение желоба, имеют скребки в несколько раз меньше сечения желоба и близкие к высоте пластин тяговой цепи. Кроме того, существуют трубчатые скребковые конвейеры (рис.1, г) с прямоугольными или сплошными скребками. Такие рабочие машины классифицируют:

- по назначению (подземные, специальные и конвейеры общего назначения);
- по виду привода (электрический, гидравлический или пневматический привод);
- по типу тяговой цепи (с роликовтулочной, разборной или круглозвенной цепью);
- по расположению рабочей ветви (с верхней, нижней или двумя рабочими ветвями);
- по характеру выполняемых функций (доставочные, агрегатные и тормозные);
- по способу перемещения конструкции (переносные или передвижные конвейеры).

К достоинствам скребковых конвейеров можно отнести простоту конструкции, необязательность высокой точности изготовления, возможность размещения загрузочных и разгрузочных устройств в различных точках по трассе конвейера, возможность герметичного транспортирования пылящих и горячих грузов.

Недостатками выше упомянутых конвейеров является возможное измельчение перемещаемого материала, небольшой КПД, заклинивание кусков груза между скребками и желобом (при перемещении грузов с трудно дробимыми кусками), быстрый износ желоба и рабочих органов при перемещении абразивных материалов, а также шум, создаваемый трением груза и элементов конвейера о желоб и направляющие.

					ЕП.ПД.18.08.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.1 Особенности конструкции и кинематика объекта проектирования.

Рассмотрим особенности систем скребкового конвейера со сплошными высокими скребками рис.1.2. Его конструкция состоит из укрепленного

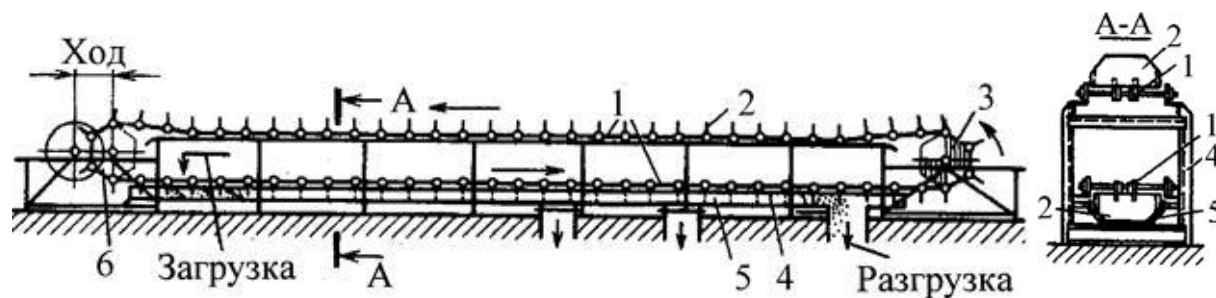


Рис.1.2 – Общая схема скребкового конвейера порционного волочения
 1 – тяговая цепь; 2 – скребки; 3 – привод; 4 – станина;
 5 – желоб; 6 – натяжное устройство.

на станине (4) желоба (5). Вдоль желоба, огибая концевые звездочки, движется замкнутая тяговая цепь (или две цепи) (1) вместе с укрепленными на ней скребками (2). Движение цепи со скребками обеспечивает привод (3), первоначальное натяжение обеспечивается натяжным устройством (6). Транспортируемый груз может быть помещен в желоб конвейера в любом месте по длине линии. Разгрузка конвейера может так же производиться в любом месте, благодаря шиберным задвижкам и затворам на дне желоба, которые в свою очередь могут быть открыты при помощи электромеханического (винтового), гидравлического или пневматического привода с дистанционным или ручным управлением. Для конвейеров малых размеров, рационально использовать ручной привод для открытия шиберных задвижек.

Желоб сделан из листовой стали толщиной 4-6 мм и может быть как сварным, так и штампованным. Сечение желоба может представлять форму трапеции или круга, выбирается в соответствии с назначением конвейера. Линия собирается из 3-6 метровых секций, общей протяженностью до 100 м.

Скребки изготавливают в зависимости от типа конвейера, так же в зависимости от формы желоба или трубы, из листовой стали толщиной от 3 до 8

					ЕП.ПД.18.08.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

мм. Расстояние между скребками должно превышать размер наибольших кусков груза. Шаг зависит от кусковатости груза, угла естественного откоса, цепи и высоты скребка.

Сердце конвейера – его редукторный привод (рис.1.3), который

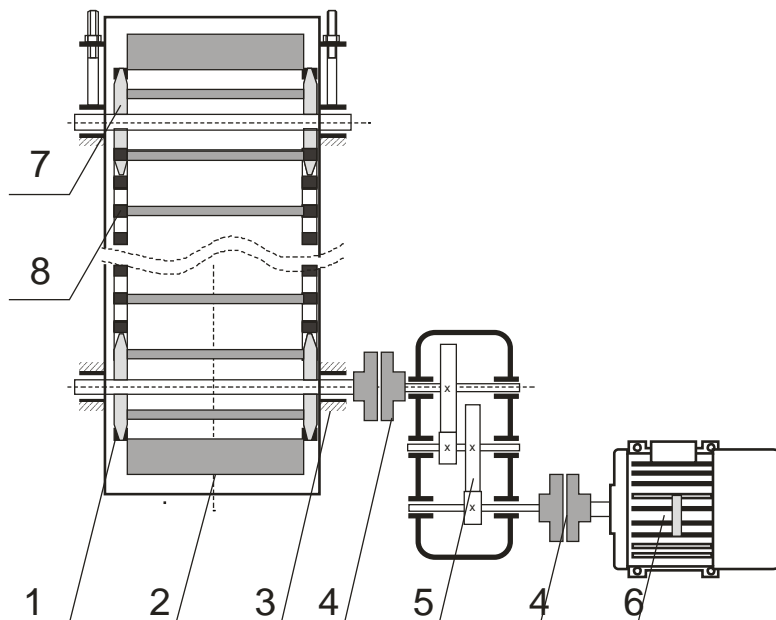


Рис.1.3 – Кинематическая схема привода

- 1- Ведущие приводные звезды;
- 2- Скребки;
- 3- Опоры приводного вала;
- 4- Полушестерни;
- 5- Редуктор;
- 6- Двигатель;
- 7- Натяжная станция;
- 8- Тяговая цепь

присоединен к концевой звездочке 1 (рис.1.3) и может быть электрическим, гидравлическим или пневматическим. На конвейерах среднего и тяжелого типа возможна установка муфты предельного момента. Стоит отметить, что привод должен быть расположен в конце участка с наибольшей нагрузкой, а именно на участке трассы с наибольшим количеством груза и значительным количеством крутых подъемов и изгибов. Учитывая это, при наклоне линии, двигатель располагают в наивысшей точке.

Натяжное устройство 7 предотвращает провисание тяговой цепи и обеспечивает равномерное натяжение цепи по всей длине конвейера. Устройство может быть как винтовым, так и пружинно-винтовым, а его шаг составляет 1.6 от шага цепи.

1.2 Обоснование требований к электроприводу

Электропривод в составе скребкового конвейера работает при постоянной нагрузке без реверсирования. Большой момент требуется только при

					ЕП.ПД.18.08.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

пуске, это связано с весьма большим статическим моментом сопротивления покоя, в следствии многих факторов, таких как загустевшая смазка в подшипниках, застрывание породы в желобе, перегруженности конвейера и так далее. Все это очень положительно сказывается на стоимости установки, ведь в случае использования реверсивного тиристорного электропривода, он будет стоить в разы дороже.

Скорость движения скребков небольшая, следовательно двигатель присоединяется к ведущей звездочке через редуктор и работает в номинальном режиме.

Мощность двигателя выбирается исходя из реактивного момента установки и необходимой скорости движения груза. При необходимости можно использовать несколько согласованно вращающихся приводов, это позволяет уменьшить нагрузку на тяговый орган, и как следствие использовать более легкое оборудование.

Так, как скребковый конвейер не выдвигает больших требований к плавности движения, равномерной скорости и быстродействию, уместно не переплачивать за быстродействие системы управления и за большой диапазон регулирования привода, ведь в большинстве случаев хватает диапазона 1:10. Для обеспечения безопасности рабочих не лишней будет установка датчиков контроля схода ленты и датчиков экстренной остановки конвейера. Для упрощения и удешевления механизма можно указать загруженность конвейера программным путем, не используя датчиков.

Гораздо большие требования выдвигает корпус устройства, так как двигатели порой работают в агрессивных условиях окружающей среды, а именно влажных и запыленных помещениях с переменной температурой, на открытом воздухе и т.д., не лишней будет их пыле- и влаго- защищенность, при этом привод должен быть надежен и прост в обслуживании. Не лишним, при возможности, будет вынесение аппаратуры управления в отдельные помещения, где обеспечиваются нормальные и безопасные условия эксплуатации.

					ЕП.ПД.18.08.01.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В достаточной степени всем этим требованиям соответствуют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором и частотным управлением, класс защиты которых IP44 или выше.

					ЕП.ПД.18.08.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2.1 Техническое задание на проектирование.

В качестве исходных данных для проектирования приняты данные скребкового конвейера, предназначенного для транспортировки каменного угля:

- Насыпная плотность угля $\rho = 0.8 \text{ т/м}^3$;
- Длина конвейера $L = 60 \text{ м}$;
- Угол наклона конвейера к горизонту $\beta = 6^\circ$;
- Производительность конвейера $Q = 60 \text{ т/ч}$;
- Максимальный размер кусков несортированного груза $a_{max} = 200 \text{ мм}$.

Условия работы – круглосуточное при постоянной нагрузке.

2.2 Расчет конструкционных параметров электромеханической системы.

Расчет конструкционных параметров конвейера начинаем со скребков. Учитывая то, что нам не важна целостность груза, принято решение использовать конвейер со сплошными высокими скребками.

Рабочая высота желоба находится по формуле:

$$h_{ж} = \sqrt{\frac{Q}{3600k\nu\rho k_{\beta}\psi}} \quad (2.1)$$

Выбираем коэффициенты руководствуясь справочником по расчетам подъемно-транспортных машин [1]. Принимая во внимание конструктивную особенность, коэффициент $k = 2$. Коэффициент заполнения желоба ψ выбираем в зависимости от сыпучести груза, в нашем случае он будет равен 0.7. Скорость транспортировки груза $\nu = 0.5 \text{ м/с}$. Коэффициент учитывающий угол наклона конвейера k_{β} выбирается согласно таблице 9.4, того же справочника, при $\beta = 6^\circ$ коэффициент $k_{\beta} = 1$.

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Беря в расчет вышесказанное, получаем:

$$h_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{60}{3600 \cdot 2 \cdot 0.5 \cdot 0.8 \cdot 1 \cdot 0.7}} = 0.173, (\text{м}) \quad (2.2)$$

Для конвейера потребуется желоб шириной

$$B_{\text{ж}} = kh_{\text{ж}} = 2 \cdot 0.173 = 0.345, (\text{м}) \quad (2.3)$$

Конструктивная высота скребка принимается на 25мм большей от рабочей высоты желоба

$$h_c = 173 + 25 = 198, (\text{мм}) \quad (2.4)$$

Конечные размеры скребка выбираются как ближайšie бóльшие из стандартных величин, принимаем высоту равной 200мм, а ширину – 400мм. Полученный конвейер имеет скребки с шагом $t_c = 500$ мм, шаг звеньев цепи составляет 250мм, конвейер включает 2 тяговые цепи, объемная производительность установки $V = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, а скорость транспортирования – 0.5м/с. Производительность полученного конвейера выходит с небольшим запасом, а именно:

$$Q = V\rho = 100 \cdot 0.8 = 80, (\text{т/ч}) \quad (2.5)$$

Зазор между скребком и желобом рекомендуется делать равным 5...15мм с каждой из сторон. Выбрав среднее значение, получаем окончательную ширину желоба.

$$B_{\text{ж}} = 400 + 2 \cdot 10 = 420, (\text{мм}) \quad (2.6)$$

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендуется принимать:

$$B_{\text{ж}} \geq k_c a', \text{ а } t_c \geq 1.5a' \quad (2.7)$$

Проверяем соответствие желоба рекомендуемым условиям, при $a' = a_{\text{max}}$:

$$B_{\text{ж}} = 420 > 2 \cdot 200 = 400, \text{ (мм)}, t_c = 500 > 1.5 \cdot 200 = 300, \text{ (мм)} \quad (2.8)$$

Погонная масса груза будет равна:

$$q = \frac{Q}{3.6v} = \frac{60}{3.6 \cdot 0.5} = 33.33, \text{ (кг/м)} \quad (2.9)$$

Для ходовой части двухцепного конвейера погонная масса будет рассчитана как:

$$q_{\text{ц}} = k_{\text{ц}} q \quad (2.10)$$

Учитывая то, что для двухцепного конвейера $k_{\text{ц}} = 0.7$, получим:

$$q_{\text{ц}} = 0.7 \cdot 33.33 = 23.3, \text{ (кг/м)} \quad (2.11)$$

2.3 Тяговый расчет и определение мощности привода.

Мощность двигателя машины необходима для преодоления сопротивления движению и перемещения груза. При чем часть сопротивления распределена по всей длине конвейера, а часть преодолевается на барабанах (звездочках) и в местах погрузочных, разгрузочных устройств и т.д.

Определять натяжение цепи будем на отдельных участках, методом обхода по контуру.

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Беря во внимание рекомендации по выбору минимального натяжения цепи, наведенные в справочнике [1], в т.1 рис.2.1 минимальное натяжение принимаем равным: $F_1 = 3000 \text{ Н}$.

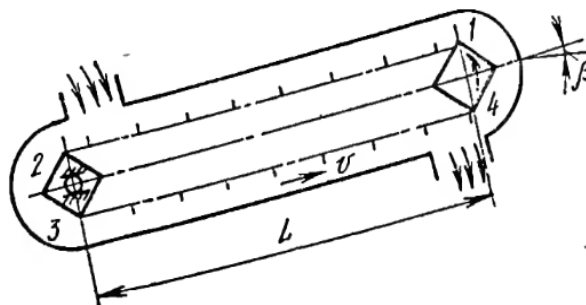


Рис.2.1 – Схема скребкового конвейера (к расчету)

Как было сказано в §2.2, наш конвейер имеет 2 тяговые цепи, предварительно выбираем их 4 типа (с ребордами на катках) по ГОСТ588–81 (М224), шаг цепи составляет 250мм, разрушающая нагрузка на цепь равна 224 кН.

Для рядового кускового каменного угля коэффициент трения по стальному желобу выбираем в соответствии с таблицей [1] (табл. 4.1), принимаем $f_d = 0.54$. В соответствии с [1] (табл. 9.4), коэффициент сопротивления движения груза по желобу рассчитывается как:

$$\omega_r = 1.1f_d = 1.1 \cdot 0.54 = 0.59, \quad (2.12)$$

исходя из той же таблицы, для тяговой цепи с катками, коэффициент сопротивления равен: $\omega_c = 0.12$.

Найдем длину горизонтальной проекции конвейера:

$$L_r^r = 60 \cos 6^\circ = 59.67, \text{ (м)} \quad (2.13)$$

Высоту подъема груза найдем как:

$$H^r = 60 \sin 6^\circ = 6.27, (\text{м}) \quad (2.14)$$

На прямолинейном загруженном участке конвейера, сопротивление будет равно:

$$\begin{aligned} F_{3-4} &= (q\omega_r + q_{\text{ц}}\omega_{\text{ц}})L_r^g g + (q + q_{\text{ц}})H^r g = \\ &= (33.33 \cdot 0.59 + 23.33 \cdot 0.12) \cdot 59.67 \cdot 9.81 + (33.33 + 23.3) \cdot \\ &\quad \cdot 6.27 \cdot 9.81 = 16715.931, (\text{Н}) \end{aligned} \quad (2.15)$$

Уравнение для холостого хода на прямолинейном участке конвейера получаем из (2.15), учитывая отсутствие груза – $q = 0$, а поскольку ветвь 1-2 движется вниз, заменяем «плюс» на «минус» перед вторым слагаемым. Получим:

$$F_{1-2} = q_{\text{ц}}g(\omega_{\text{ц}}L_r^x - H^x) = 23.3 \cdot 9.81 \cdot (0.12 \cdot 59.67 - 6.27) = 203, (\text{Н}) \quad (2.16)$$

В точке 2, натяжение цепей будет равно сумме минимального и натяжения цепей при холостом ходе:

$$F_2 = F_1 + F_{1-2} = 3000 + 203 = 3203, (\text{Н}) \quad (2.17)$$

Находим сопротивление на звездочках, приняв коэффициент увеличения тягового органа от сопротивления на поворотном пункте $k_{\text{п}}$ равным 1.06.

$$F_{2-3} = F_2(k_{\text{п}} - 1) = 3203 \cdot (1.06 - 1) = 192, (\text{Н}) \quad (2.18)$$

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

В точке 3, натяжение цепей будет равно сумме натяжения в точке 2 и сопротивления на звездочках:

$$F_3 = F_2 + F_{2-3} = 3203 + 192 = 3395 \text{ , (Н)} \quad (2.19)$$

В точке 3, натяжение цепей будет равно сумме натяжения в точке 3 и сопротивления на прямолинейном загруженном участке конвейера:

$$F_4 = F_3 + F_{3-4} = 3395 + 16715.931 = 20111, \text{ (Н)} \quad (2.20)$$

В тяговых цепях набегающих на приводные звездочки, с учетом сопротивлений на приводных звездах, натяжение будет равно:

$$F_{\text{наб}} = F_4 + F_4(k_{\text{п}} - 1) = F_4 k_{\text{п}} = 1.06 \cdot 20111 = 21318, \text{ (Н)} \quad (2.21)$$

Найдем тяговую силу для конвейера:

$$F_0 = F_{\text{наб}} - F_1 = 21318 - 3000 = 18318, \text{ (Н)} \quad (2.22)$$

Алгоритм расчета тяговых усилий приведен в приложении Б.

Учитывая то, что КПД двухступенчатого зубчатого редуктора использует подшипники качения равна 0.96, мощность двигателя необходимую для конвейера рассчитываем как:

$$P = \frac{F_0 v}{10^3 \eta} = \frac{18318 \cdot 0.5}{10^3 \cdot 0.96} = 9.6, \text{ (кВт)} \quad (2.23)$$

Для установки выбираем асинхронный двигатель серии 4А, имеющий синхронную частоту вращения $n=1000$ об/мин и напряжение питания 380/220В.

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Табл.2.1 – Параметры двигателя

Тип	$P_{\text{ном}}$, кВт	$S_{\text{ном}}$, %	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$\frac{M_{\text{мах}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{ном}}}$	$S_{\text{к}}$, %	$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{ном}}}$	$J_{\text{д}}$, кгм ²
4А160S6У3	11	3	86	0,86	2	1,2	15	6	0,14

Табл.2.2 – Параметры схемы замещения для выбранного двигателя:

Тип	x_{μ}^*	R_1^*	x_1^*	$R_2'^*$	$x_2'^*$
4А160S6У3	3,0	0,073	0,11	0,030	0,15

Исходя из табл.8.2 справочника [1], выбираем кол-во зубцов приводной звездочки $z = 6$, частота вращения приводного вала конвейера будет равна:

$$n_{\text{п.в.}} = \frac{60v}{zt} = \frac{60 \cdot 0.5}{6 \cdot 0.25} = 20 \text{ , (мин}^{-1}\text{)} \quad (2.24)$$

где t – шаг тяговой цепи в метрах.

Следовательно передаточное число для привода равно:

$$u = \frac{1000}{20} = 50 \quad (2.25)$$

Для машин непрерывного действия, расчетная мощность на быстроходном валу редуктора принимается равной наибольшей статической мощности, т.е.:

$$P_p = P = 9.6 \text{ кВт}$$

Подходящий редуктор выбираем из таблицы III.4.2 справочника [1]. Учитывая вышеизложенные особенности, выбираем редуктор Ц2-400, имеющий передаточное число $u = 50.94$ и мощность на быстроходном валу при тяжелом режиме работы 9.6кВт. КПД данного редуктора составляет 96%.

Проверим двигатель на достаточность пускового момента и перегрузку тягового органа.

Так, как применяется частотное управление двигателем, можно достичь максимально допустимого значения момента для выбранного двигателя при

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

пуске.

Выбранный двигатель имеет следующий номинальный момент:

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P_H}{n} = 9550 \cdot \frac{11}{1000} = 105 \text{ , (Нм)} \quad (2.26)$$

Найдем максимальный момент на валу двигателя. Учитывая что перегрузочная способность выбранного АД – , $\lambda = 2$ имеем:

$$M_{max} = \lambda \cdot M_H = 2 \cdot 105 = 210 \text{ , (Нм)} \quad (2.27)$$

Согласно ГОСТ 588–81 для катковых тяговых цепей с шагом $t = 250$ мм и разрушающей нагрузкой равной 224кН, применяются звездочки диаметром $D = 85$ мм. Учитывая это, момент статических сопротивлений на приводном валу будет равен:

$$M_{с.в.} = 0.5 \cdot F_0 \cdot D = 0.5 \cdot 18433 \cdot 0.085 = 778.5 \text{ , (Нм)} \quad (2.28)$$

Средний пусковой момент двигателя возьмем равным 75% от максимального.

$$M_{ср.п.} = 0.75 \cdot M_{max} = 0.75 \cdot 210 = 157.6 \text{ , (Нм)} \quad (2.29)$$

С учетом того, что реальное передаточное число редуктора $u = 50.94$ момент статических сопротивлений на валу двигателя найдем как:

$$M_c = M_{с.в.} \cdot \frac{1}{u \cdot \eta} = 778.5 \cdot \frac{1}{50.94 \cdot 0.96} = 15.9 \text{ Нм} \quad (2.30)$$

Момент сил инерции на валу двигателя найдем как разницу между средним пусковым моментом и моментом статических сопротивлений на валу двигателя.

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{ин} = M_{ср. п.} - M_{с} = 157.6 - 15.9 = 141.7 \text{ , (Нм)} \quad (2.31)$$

Момент инерции на приводном валу конвейера будет равен:

$$M_{ин. в.} = M_{ин} \cdot u \cdot \eta = 147.7 \cdot 50.94 \cdot 0.96 = 6927 \text{ , (Нм)} \quad (2.32)$$

При пуске (разгоне) момент от сил инерции и статических сопротивлений найдем как:

$$M_{пуск} = M_{ин. в.} + M_{с. в.} = 6927 + 778.5 = 7706 \text{ , (Нм)} \quad (2.33)$$

Момент приведенный к валу двигателя будет равен:

$$M_{пуск}^{пр} = \frac{M_{пуск}}{u \cdot \eta} = \frac{7706}{50.94 \cdot 0.96} = 157.6 \text{ , (Нм)} \quad (2.34)$$

Так, как мы применяем частотное управление, пусковой момент выходит значительно больше чем указанный в характеристиках двигателя. Выполняется условие , а $M_{п} > M_{пуск}^{пр}$ следовательно выбранный двигатель подходит по моменту.

Найдем усилие на приводном барабане при пуске конвейера.

$$F_{пуск} = \frac{2 \cdot M_{пуск}}{D} = 181.3 \text{ , (кН)} \quad (2.35)$$

Учитывая что коэффициент приведения массы $k=1.5$, динамическая нагрузка на цепи будет равна:

$$F_{дин} = \frac{60 \cdot v^2 \cdot L}{z^2 \cdot t} \cdot (q + kq_{ц}) = \frac{60 \cdot 0.5^2 \cdot 60}{7^2 \cdot 0.25} \cdot (33.33 + 1.5 \cdot 23.3) = 6833 \text{ , (Н)} \quad (2.36)$$

Натяжение цепи сбегающей с приводной звезды рассчитываем как:

$$F_{сб} = 0.1 \cdot F_0 = 1832 \text{ , (Н)} \quad (2.37)$$

При пуске, усилие в набегающей на приводные звездочки ветви цепного тягового органа, найдем как сумму усилия на приводном барабане при пуске, динамической нагрузки и натяжения цепи сбегающей с приводной звезды.

$$F_{пуск}^{наб} = F_{пуск} + F_{дин} + F_{сб} = 181300 + 6833 + 1832 = 190000 \text{ , (Н)} \quad (2.38)$$

Учитывая что разрушающая нагрузка на цепь составляет 224кН, а коэффициент запаса прочности цепи для наклонных участков конвейера $k = 8$, допустимая нагрузка на тяговый орган будет равна:

$$F_{доп} = \frac{F_{разр}}{k} = \frac{224000}{8} = 28 \text{ (кН)} \quad (2.39)$$

Найдем коэффициент перегрузки тягового органа:

$$k = \frac{F_{пуск}^{наб}}{F_{доп}} = \frac{190000}{28000} = 6.785 \quad (2.40)$$

Так, как коэффициент перегрузки тягового органа превышает допустимый ($k_d = 1.5$) больше чем в 4 раза, цепь не выдержит максимального момента при пуске загруженного конвейера. В таком случае, для разгона загруженного конвейера требуется применять плавный пуск.

2.4 Выбор комплектного электропривода.

В современном производстве для решения задач автоматизации и управления приводами переменного тока используются преобразователи частоты. Это электрическое устройство имеет ряд преимуществ для использования в конвейерной установке:

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- Возможность плавного пуска двигателя;
- Возможность запускать двигатель с максимально возможным моментом;
- Возможность экономии электроэнергии при работе двигателя с неполной нагрузкой;
- Возможность удаленно отслеживать состояние привода по промышленной сети;
- Защита электромеханического оборудования в аварийных ситуациях;
- Повышенный ресурс оборудования.

Минусами ПЧ являются: генерация в сеть высших гармоник и относительно высокая стоимость.

Для выбора преобразователя частоты рассчитаем следующие параметры:

Предварительная мощность преобразователя

$$P_{\text{п}} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{д}}} = \frac{11}{0.86} = 12.791, \text{ (кВт)} \quad (2.41)$$

Предварительный ток двигателя

$$I_{\text{п}} = \frac{P_{\text{п}}}{3 \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi} = \frac{11}{3 \cdot 380 \cdot 0.86} = 11.22, \text{ (А)} \quad (2.42)$$

Так как в конвейере не требуется большой диапазон регулирования скорости и большая точность управления, нет переменных нагрузок и желательно наиболее простое устройство – применяем скалярное управление.

Теперь необходимо определиться с производителем, ведь рынок заполнен данного рода продукцией и важно сделать правильный выбор, чтоб избежать проблем в дальнейшей эксплуатации, ведь даже незначительная остановка производства может привести к большим убыткам.

					ЕП.ПД.18.08.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Преобразователи малоизвестных компаний, как правило, не успели себя зарекомендовать, зато стоят в разы дешевле именитых фирм, они подойдут для вспомогательной техники, где возможное нарушение нормальной работы установки не вызовет проблем с нормальным функционированием предприятия.

Устройства известных компаний, таких как Siemens, стоят значительно дороже своих аналогов, хоть в дальнейшем себя и окупают, их ценовой сегмент является слишком высоким для большинства украинских предприятий.

Отличным вариантом по соотношению цена/качество являются частотные преобразователи фирмы с французскими корнями, Schneider Electric. Компания уже не первый год на рынке электротехнических изделий, а ее широкий ассортимент электрического оборудования представлен во многих странах мира.

Из каталога предоставленного на сайте компании Schneider Electric [11] выбираем преобразователь «**ATV71E5D15N4**» серии Altivar 71.

Табл.2.1 – Параметры частотного преобразователя

Мощность преобразователя	Ном. напряжение питания	Частота питания	Линейный ток	Число фаз питания	Ном. выходной ток	Макс. переходной ток
кВт	В	Гц	А		А	А
15	380...480	50...60	39	3	27 в 4 kHz	49.5 для 60с 54.5 для 2с

Данный преобразователь удовлетворяет условия выдвигаемые скребковым конвейером, имеет ряд токовых, температурных защит и защит от перегрева, содержит информативный пульт управления и выключатель-разъединитель на лицевой панели корпуса.

Схема подключения преобразователя частоты приведена на рис 2.2.

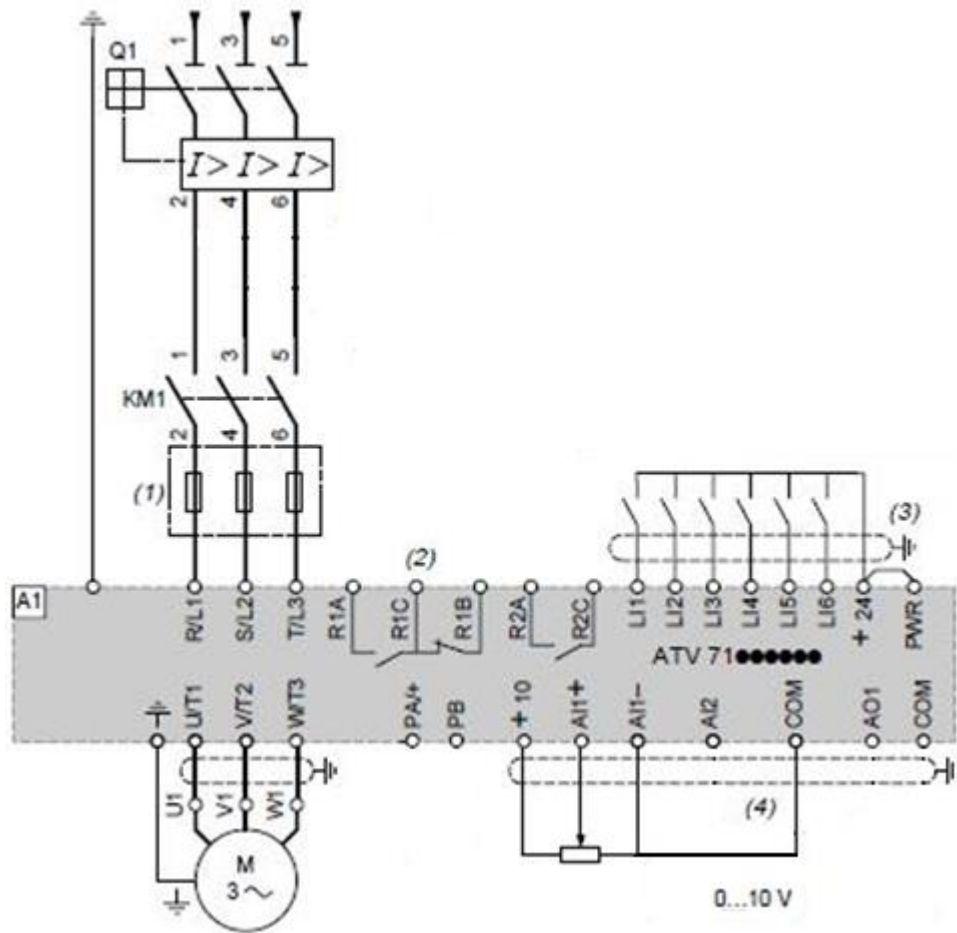


Рис 2.2 – Схема подключения ПЧ Altivar 71

1 – Произвольный сетевой дроссель; 2 – Контакты реле неисправности для дистанционной сигнализации состояния ПЧ; 3 – Подключение общей точки дискретных входов; 4 – Аналоговый вход, конфигурируемый по току (0 - 20 мА) или по напряжению (0 - 10 В).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

					ЕП.ПД.18.08.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3.1 Общие сведения о методах частотного управления

Существует множество методов частотного управления, которые направлены на решение задач по регулированию скорости и изменению момента двигателя, среди которых выделяются два основных – векторный и скалярный методы.

Особенностью скалярного метода управления является его распространенность, а область применения – механизмы где важно поддерживать определенный технологический параметр. Изменение амплитуды и частоты питающего напряжения выступают в качестве основного принципа, на котором базируется данный метод. Наибольший диапазон регулирования скорости для данного метода 1:10. Скалярному методу управления свойственна легкость при реализации. Главными недостатками являются отсутствие точного регулирования скорости вращения вала и отсутствие возможности контролировать момент.

При векторном управлении формируются не только гармонические токи фаз, но и обеспечивается управление магнитным потоком ротора, а точнее – моментом на валу электродвигателя. Векторное управление применяется тогда, когда в процессе эксплуатации нагрузка может меняться на одной и той же частоте (нет четкой зависимости между скоростью и моментом), а так же – когда необходимо получить расширенный диапазон регулирования скорости при номинальных моментах. Векторный метод управления позволяет повысить быстродействие, имеет высокую точность и плавность.

Учитывая то, что скребковый конвейер не требует большого диапазона регулирования скорости, точности и значительной плавности в работе, а так же желательна простота механизма и отсутствие лишних датчиков – принято решение использовать скалярный метод управления. Он удовлетворяет все требования выдвигаемые нашей установкой, а дешевизна при его реализации, по сравнению с векторным управлением, будет весомым аргументом закрепившим выбор.

					ЕП.ПД.18.08.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3.2 Расчет параметров скалярной системы управления

Как уже сказано ранее, в качестве привода скребкового конвейера выступает асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором имеющий следующие параметры:

Табл.3.1 – Параметры двигателя

Тип	U, В	n, об/мин	P _{ном} , кВт	S _{ном} , %	η _{ном} , %	cosφ _{ном}	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{п}}{M_{ном}}$	S _к , %	$\frac{I_{п}}{I_{ном}}$	J _д , кгм ²
4A160S6Y3	380/220	1000	11	3	86	0,86	2	1,2	15	6	0,14

Табл.3.2 – Параметры схемы замещения для выбранного двигателя:

Тип	x _μ *	R ₁ *	x ₁ *	R ₂ '*	x ₂ '*
4A160S6Y3	3,0	0,073	0,11	0,030	0,15

Для уменьшения количества уравнений и исключения периодических коэффициентов, зависящих от мгновенного положения ротора асинхронного двигателя, используем модель в системе координат альфа-бета. В данной системе, АД представляется как обобщенная двухфазная электрическая машина с одной парой полюсов. Модель двигателя представлена далее:

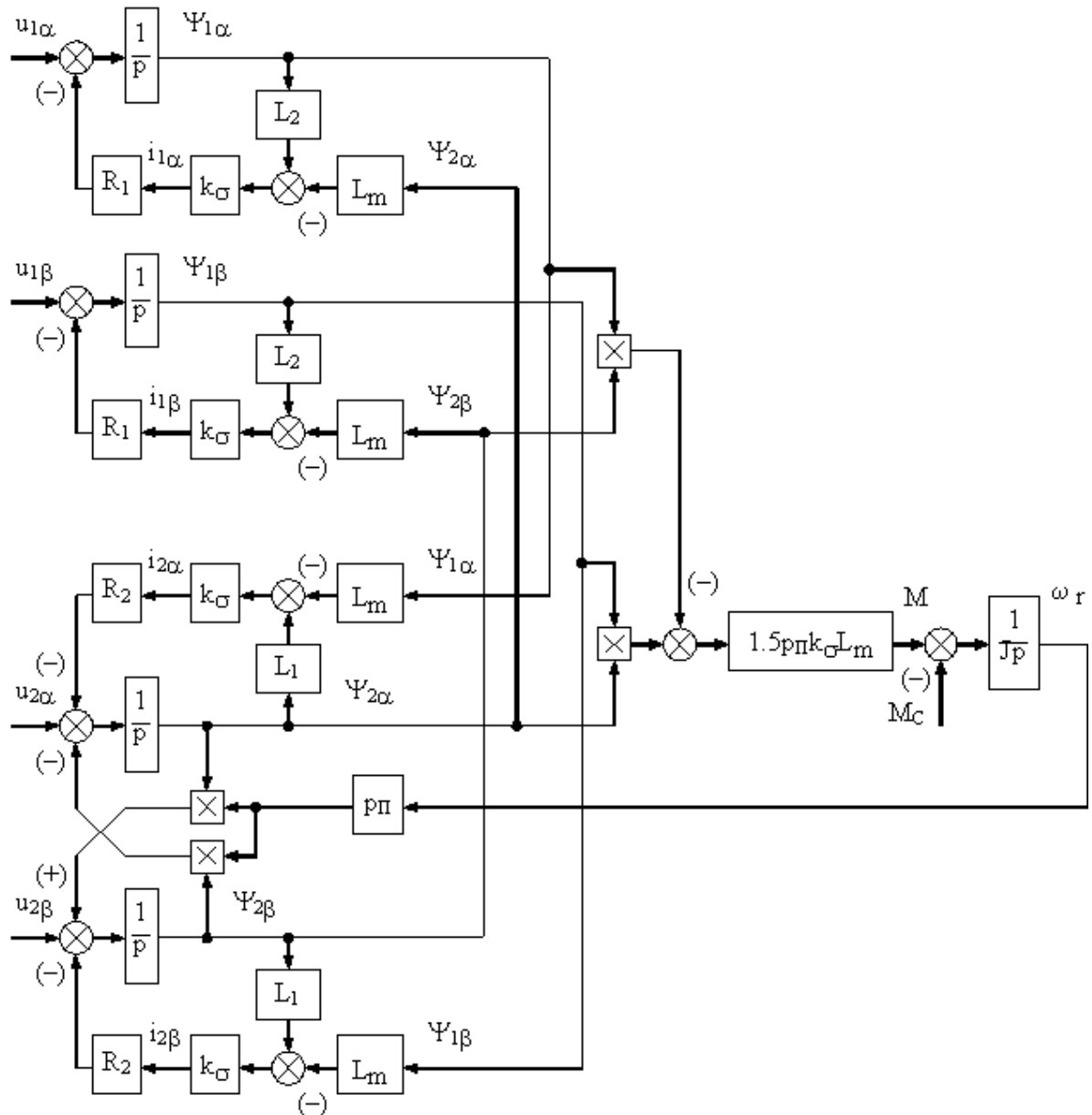


Рис.3.1 – Модель двигателя в осях α - β (неподвижная система координат)

Для дальнейшего моделирования необходимы следующие параметры:

Номинальный ток АД найдем как:

$$I_H = \frac{P_H}{3U_H \cdot \eta \cdot \cos\varphi_H} = \frac{11000}{3 \cdot 220 \cdot 0.86 \cdot 0.86} = 22.535, (\text{A}) \quad (3.1)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Базовое сопротивление будет равно:

$$Z = \frac{U_H}{I_H} = \frac{220}{22.535} = 9.763, (\text{Ом}) \quad (3.2)$$

Рассчитаем номинальный момент двигателя:

$$M_H = \frac{9.55 \cdot P_H}{n \cdot (1 - s_H)} = \frac{9.55 \cdot 11000}{1000 \cdot (1 - 0.03)} = 108.299, (\text{Нм}) \quad (3.3)$$

Количество пар полюсов обмотки зависит от скорости вращения вала двигателя и находится как:

$$p_H = \frac{60f}{n} = \frac{60 \cdot 50}{1000} = 3 \quad (3.4)$$

где f – частота питающей сети

Номинальная угловая скорость вала двигателя равна:

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 1000}{30} = 104.7, (\text{рад/с}) \quad (3.5)$$

Учитывая то, что сопротивления схемы замещения в исходных данных приведены в относительных единицах, реальные сопротивления будут следующими:

Активное сопротивление фазы статора

$$R_1 = R_1^* \cdot Z = 0.073 \cdot 9.763 = 0.713, (\text{Ом}) \quad (3.6)$$

Реактивное сопротивление фазы статора

$$X_1 = x_1^* \cdot Z = 0.11 \cdot 9.763 = 1.074, (\text{Ом}) \quad (3.6)$$

					ЕП.ПД.18.08.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Активное сопротивление фазы ротора

$$R_2 = R_2' \cdot Z = 0.03 \cdot 9.763 = 0.293, (\text{Ом}) \quad (3.7)$$

Реактивное сопротивление фазы ротора

$$X_2 = x_2' \cdot Z = 0.15 \cdot 9.763 = 1.464, (\text{Ом}) \quad (3.8)$$

Реактивное сопротивление цепи намагничивания

$$X_\mu = x_\mu \cdot Z = 3 \cdot 9.763 = 29.288, (\text{Ом}) \quad (3.9)$$

Обмотки двигателя будут иметь следующие параметры:

Индуктивность фазы статора

$$L_1 = \frac{X_1 + X_\mu}{\omega_H \cdot p_H} = \frac{1.074 + 29.288}{104.72 \cdot 3} = 0.097, (\text{Гн}) \quad (3.10)$$

Индуктивность фазы ротора

$$L_2 = \frac{X_2 + X_\mu}{\omega_H \cdot p_H} = \frac{1.464 + 29.288}{104.72 \cdot 3} = 0.098, (\text{Гн}) \quad (3.11)$$

Взаимная индуктивность фазы статора и ротора

$$L_m = \frac{X_\mu}{\omega_H \cdot p_H} = \frac{29.288}{104.72 \cdot 3} = 0.093, (\text{Гн}) \quad (3.12)$$

Вспомогательный коэф.

$$k_\sigma = \frac{1}{L_1 \cdot L_2 - L_m^2} = \frac{1}{0.097 \cdot 0.098 - 0.093^2} = 1300, (1/\text{Гн}^2) \quad (3.13)$$

					ЕП.ПД.18.08.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Структурная схема скалярной системы управления без использования всевозможных датчиков приведена на рис.3.1.

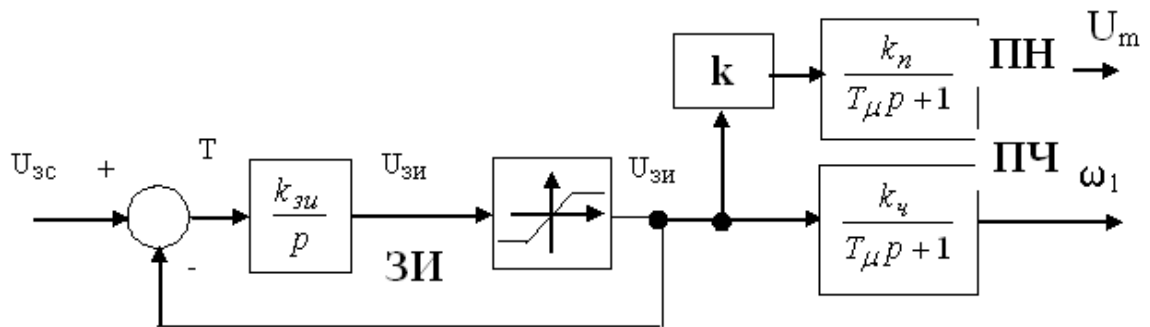


Рис.3.2 – Структурная схема системы управления ЭП

В системе управления электроприводом используется П-регулятор скорости и П-регулятор напряжения. Для их реализации рассчитаем следующие параметры:

Время разгона до номинальной скорости при номинальном ускорении

$$T = J \frac{\omega_n}{M_n} = 0.14 \frac{104.72}{108.299} = 0.135, \text{ (с)} \quad (3.14)$$

Учитывая то, что блоком ограничений предусмотрена установка напряжений +/-10В, коэффициент усиления задатчика интенсивности равняется:

$$k_{зи} = \frac{U_{зс}}{T} = \frac{10}{0.135} = 73.87 \quad (3.15)$$

Коэффициент усиления отработки закона регулирования

$$k = \frac{U_n}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{220}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.7 \quad (3.16)$$

Коэффициент усиления преобразователя напряжения

$$k_{п} = \frac{U_n}{10 \cdot k} = \frac{220}{10 \cdot 0.7} = 31.416 \quad (3.17)$$

Коэффициент усиления преобразователя частоты

$$k_{\text{ч}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{10} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{10} = 31.416 \quad (3.18)$$

Постоянную времени преобразователей принимаем равной $T_{\mu} = 0.005\text{с}$

Алгоритм и программа расчетов параметров динамической модели двигателя и коэффициентов преобразователя приведены в приложении Б.

Разработка модели электропривода и результаты моделирования

Исходя из представленной ранее модели двигателя в осях α – β (рис.3.1) и учитывая систему управления (рис.3.2), с помощью интегрированного в среду Matlab, пакета Simulink, составим модель электропривода конвейера.

В процессе эксперимента смоделированы: разгон АД, наброс нагрузки с последующим изменением скорости вращения и остановка конвейера.

					ЕП.ПД.18.08.03.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

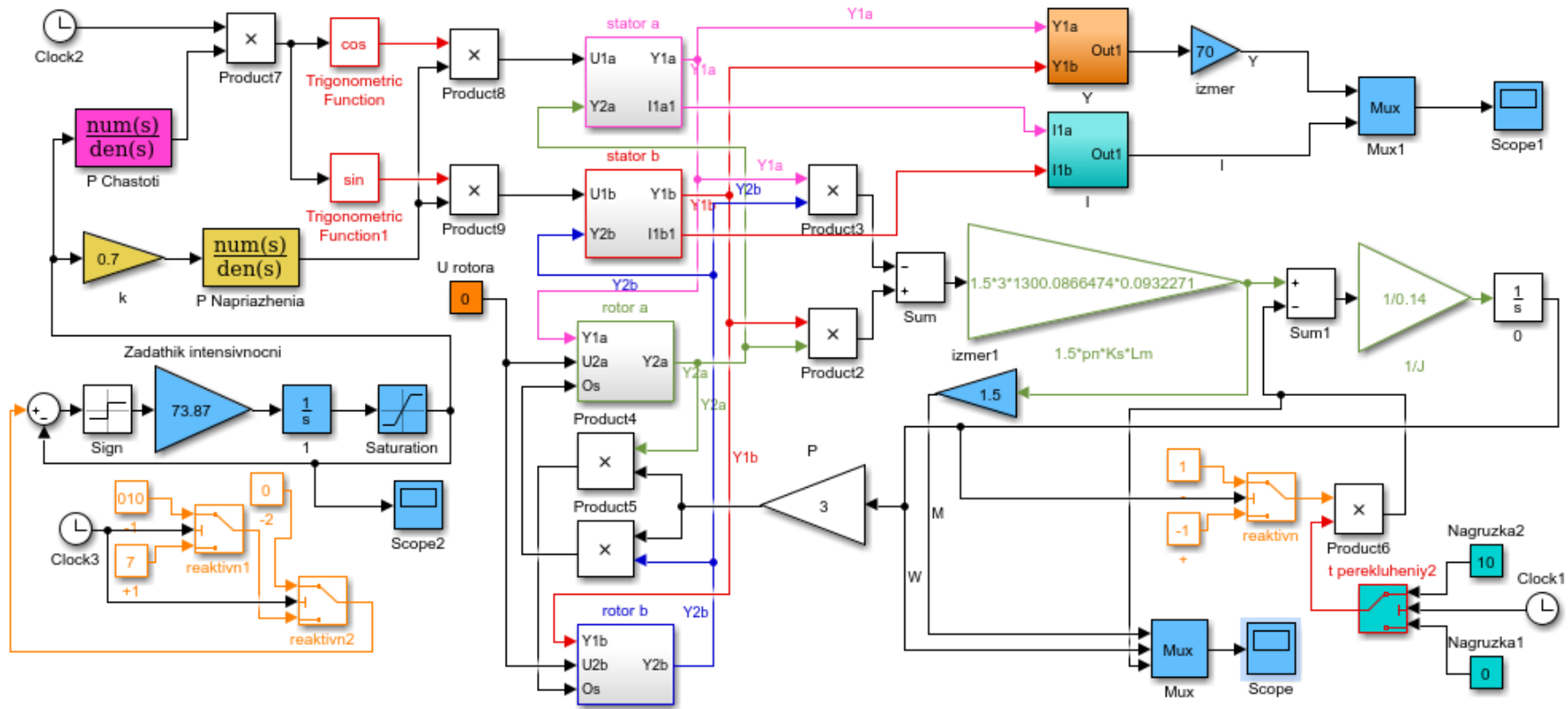


Рис.3.3 – Модель электродвигателя со скалярным управлением в Simulink

З.м.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

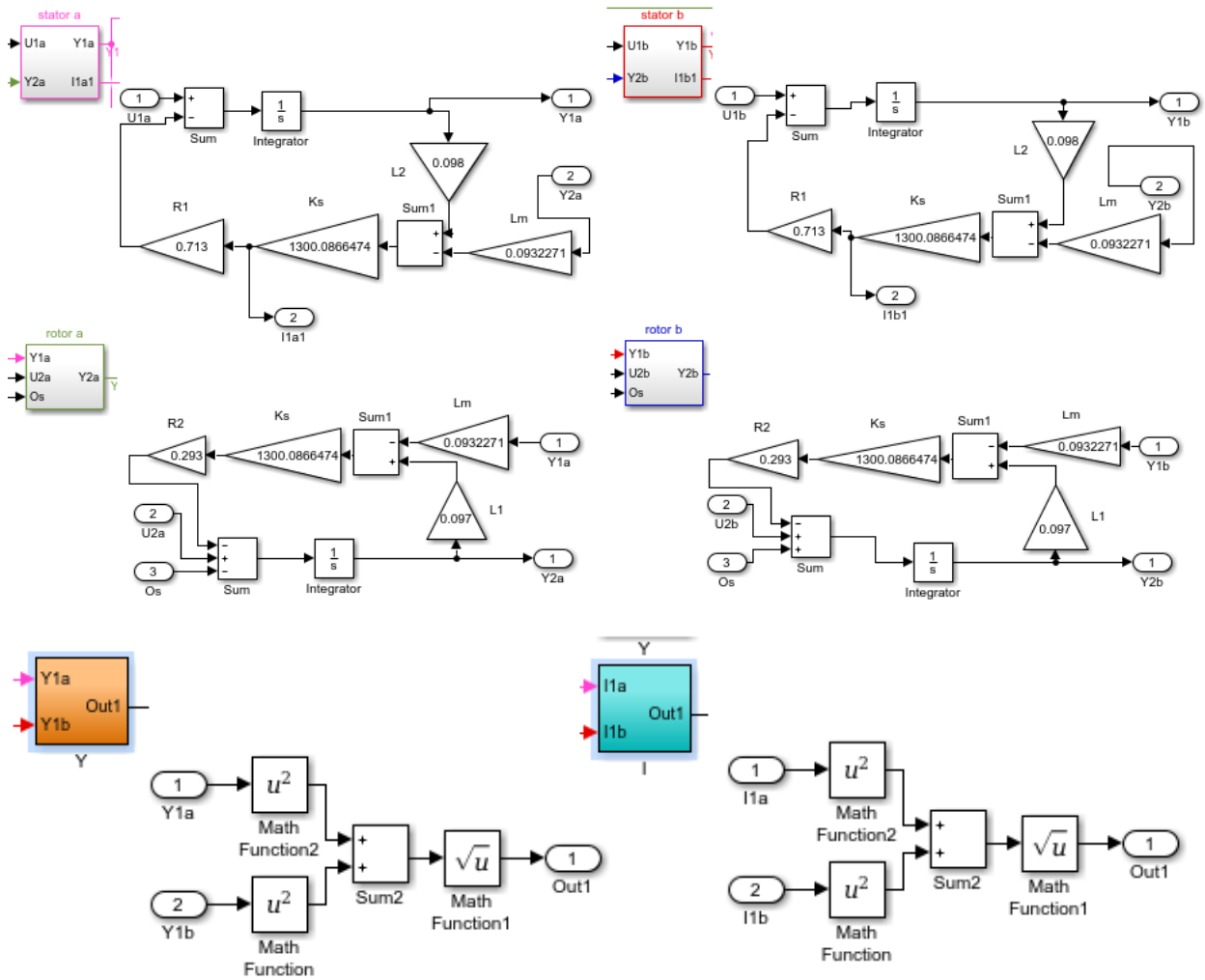


Рис.3.4 – Содержимое свернутых блоков

Ниже приведены результаты моделирования:

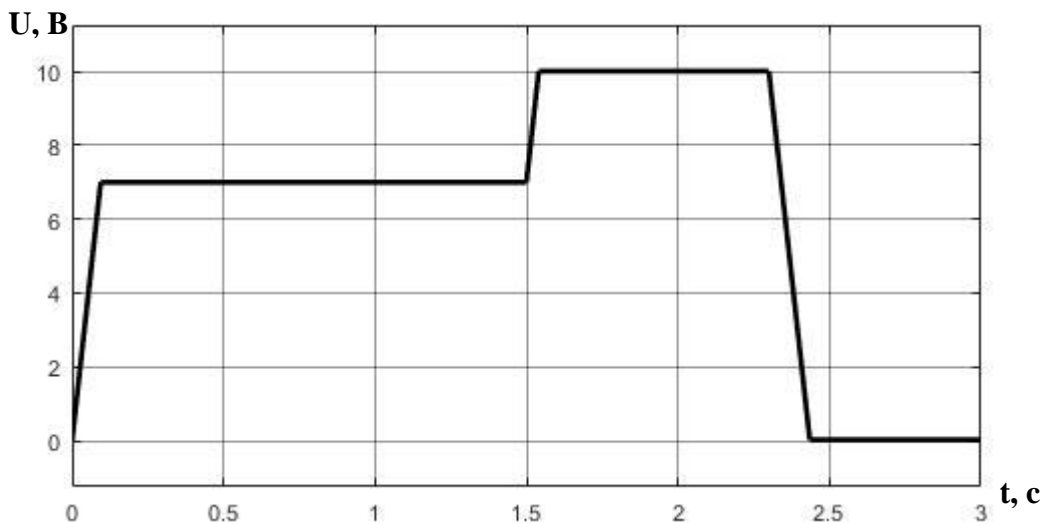


Рис.3.5 – Сигнал от ЗИ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

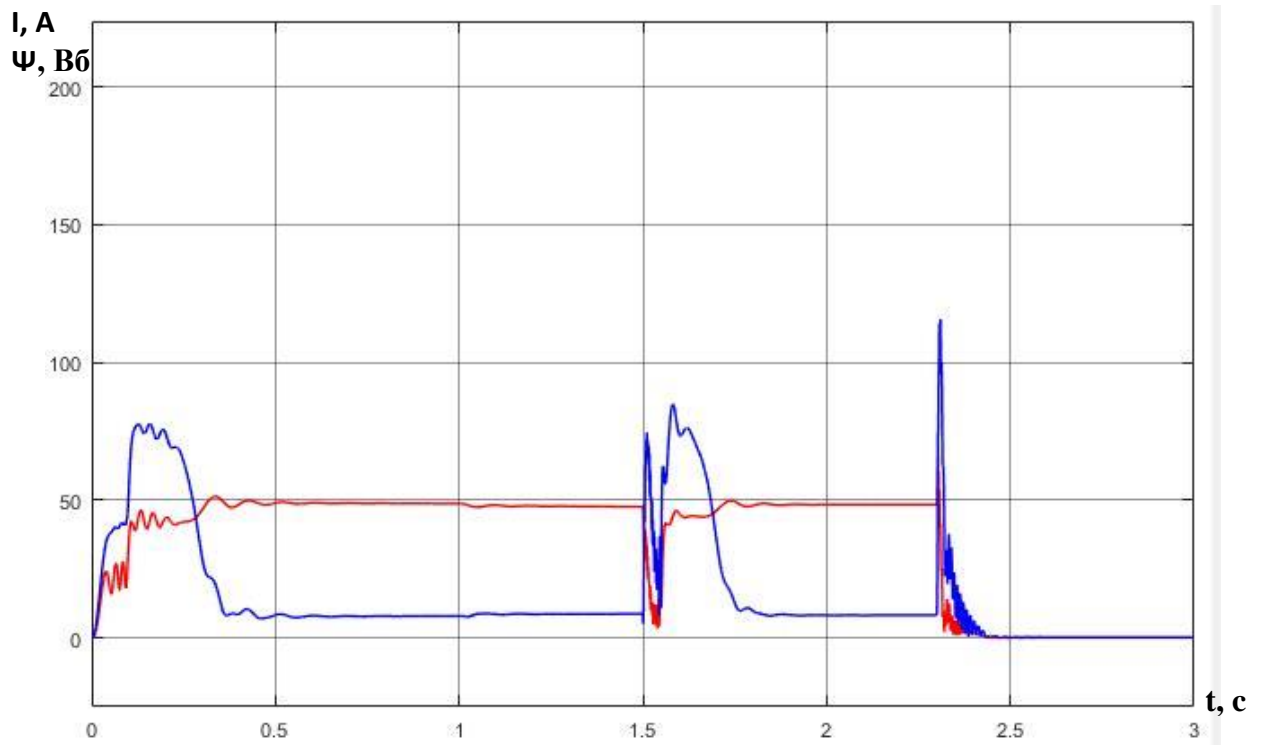


Рис.3.6 – Изменение тока и потокосцепления двигателя

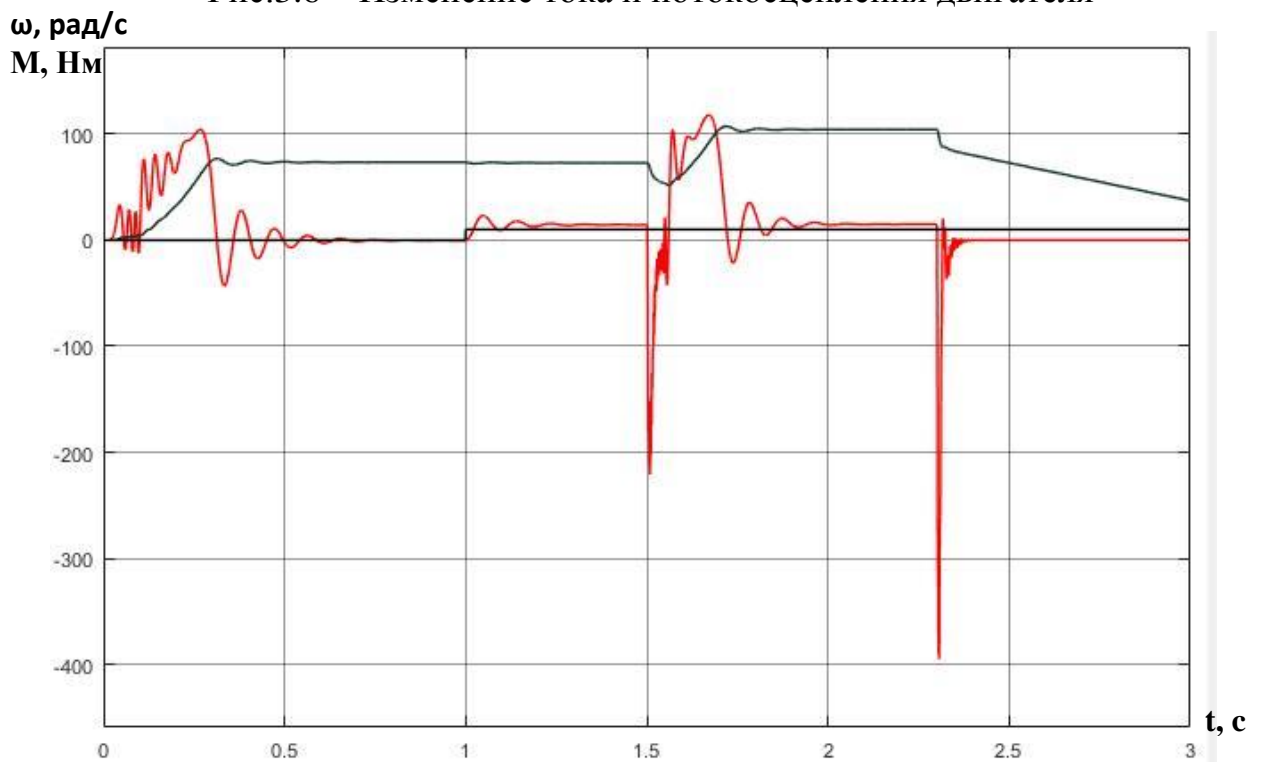


Рис.3.7 – Изменение скорости и момента при набросе нагрузки

Полученные результаты отображают работоспособность спроектированного привода.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.18.08.03.ПЗ

Арк.

40

4.ОХРАНА ТРУДА

					ЕП.ПД.18.08.04.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов проектированного объекта

Скребковый конвейер – это объект повышенной опасности, с множеством подвижных частей оборудования, способных нанести урон человеческому здоровью. Попадание органов рабочего или частей одежды в подвижные элементы конвейера влечет за собой травмы или даже летальный исход.

Во время работы, конвейер создает повышенный уровень шума, вредный для органов слуха человека, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях работающего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться также причиной несчастного случая.

При транспортировке угля с проектированного конвейера, к вышеперечисленным факторам добавляется поступление в воздух мелкодисперсной угольной пыли. Неблагоприятное воздействие пыли на организм может быть причиной возникновения аллергических или хронических заболеваний органов дыхания. Кроме того угольная пыль является легковоспламеняемой.

Приводом конвейера является асинхронный двигатель, который вкуче с остальным электрооборудованием несет угрозу поражения электрическим током.

Конвейер не нуждается в постоянном наблюдении, поэтому неуместно делать яркое освещение. Но следует учитывать, что слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию и сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги.

					ЕП.ПД.18.08.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

4.2. Инженерно-технические мероприятия по охране труда

Перед запуском конвейера необходимо убедиться в его исправности. Пуск конвейера должен быть обозначен звуковым сигналом с задержкой, чтобы работники смогли отойти на безопасное расстояние. Для предотвращения травматизма, в процессе работы конвейера, доступ к подвижным частям механизма должен быть ограничен. В зоне возможного нахождения людей ограждаются или защищаются: смотровые люки пересыпных лотков, бункеров и т. п., установленные в местах загрузки и разгрузки конвейера. Конвейер должен иметь устройства, выключающие привод при обрыве цепей, забивке загрузочных или разгрузочных желобов. Уборка просыпавшегося материала разрешается только при остановленном конвейере и разобранной электрической схеме привода. При этом на пусковых устройствах вывешиваются плакаты «Не включать — работают люди».

Уровень шума на рабочем месте нормируется согласно ДСТУ 2867-94. Учитывая что шум от электродвигателя и редуктора составляет мизерную часть, по сравнению с шумом создаваемым тяговым органом и перемещением груза по конвейеру, самым эффективным методом борьбы с неблагоприятным фактором будет изоляция источника шума, средством размещения его в помещениях с массивными стенами без щелей и отверстий. Если такое не предоставляется возможным, то необходимо изолировать конвейер от окружающей среды средствами звуко- и виброзащиты, звуко- и вибропоглощения. Применение звукопоглощающих и звукоизолирующих конструкций и материалов позволит локализовать шум. Для снижения структурного шума, распространяемого в твердой среде, применяется звуко- и виброизоляционное перекрытие. Ослабление шума достигается применением под полом упругих прокладок без жесткой их связи с несущими конструкциями зданий, установкой станины конвейера и привода на амортизаторы или специальный изолированный фундамент. При нахождении вблизи конвейера желательно использовать средства индивидуальной защиты: наушники или вкладыши.

					ЕП.ПД.18.08.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Пылеобразование во время работы конвейера происходит при перемещении груза по желобу, в следствии дробления, перетирки и шлифовки кусков угля. Наиболее эффективным методом предотвращения попадания пыли в окружающую среду является герметизация желоба и загрузочных (разгрузочных) отверстий, применение пыленепроницаемого кожуха с эффективной аспирацией. Основным методом устранения пыли в воздухе является его увлажнение и вентиляция. Автоматизация и дистанционное управление конвейером так же минимизируют контакт рабочего персонала с неблагоприятным фактором. Если все же не удалось локализовать запыленность, перед выбросом в атмосферу, запыленный воздух должен очищаться. При работе в запыленных условиях применяются средства индивидуальной защиты: респираторы, защитные очки, специальная противопылевая одежда.

Электротравматизм по сравнению с другими видами производственного травматизма составляет небольшой процент (2–3 %), однако по числу травм с тяжелым и, особенно, летальным исходом занимает одно из первых мест. Для обеспечения безопасности персонала, обслуживающего конвейер, используются как отдельные защитные средства и способы, так и их сочетания, т. е. системы защиты. Защитой от прикосновения к токоведущим частям электроустановки является изоляция проводов, блокировка и защитные средства. В случае имеющегося конвейера блокировка обеспечивает снятие напряжения и в следствии остановку конвейера, при несанкционированном проникновении в зону конвейера. Так же, устанавливается заземление, которое соединяет с землей нетоковедущие корпуса преобразователя частоты, двигателя и т.д. Допустимые значения сопротивления заземляющего устройства для установки приведены в ПУЭ. Так же применяется зануление, преднамеренное соединение корпусов электроустановок с нулевым проводом, идущим от заземленной нейтрали источника тока. Занулению подлежат практически все станки, электрические двигатели, цеховые металлические светильники и др. Применяется защитное отключение – быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в

					ЕП.ПД.18.08.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ней опасности поражения человека электрическим током (при замыкании на корпус, снижении сопротивления изоляции сети, а также в случае прикосновения человека непосредственно к токоведущей части). Защитное отключение рекомендуется применять в качестве основной или дополнительной меры защиты. В качестве средств индивидуальной защиты, во время выполнения ремонтных или профилактических работ используют диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие накладки и подставки, переносные заземления. При этом, на пусковом устройстве, так же вывешивается плакат «Не включать — работают люди».

Так как конвейер автоматизирован, постоянно находящегося персонала рядом с ним нет, следовательно нет необходимости делать освещение согласно санитарным нормам.

Для помещения применяется приточно-вытяжная система вентиляции, состоящая из двух отдельных систем – приточной и вытяжной, которые одновременно подают в помещение чистый воздух и удаляют из него загрязненный.

4.3. Пожарная профилактика

Пожарная профилактика – это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение, локализацию и ликвидацию пожара, сохранения здоровья людей и материальных ценностей.

В качестве профилактики выступают: инструктажи персонала касательно пожарной безопасности, проверки пожарной безопасности и установка датчиков пожарной сигнализации, ограниченное использование горючих материалов, изоляция пожароопасной зоны, разработка плана эвакуации персонала в случае пожарной опасности.

Учитывая то, что в помещении происходит транспортировка угля, а уголь является твердым горючим веществом, помещение относится к классу

					ЕП.ПД.18.08.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

В (пожароопасная), а противопожарные мероприятия назначаются согласно ГОСТ 12.1.004—91 и ГОСТ 12.1.044—89.

При возникновении возгорания, как и любой аварийной ситуации электрооборудование должно быть сразу же обесточено.

Для ликвидации пожара на электроустановках до 1кВ можно использовать порошковые и углекислотные огнетушители, но наиболее эффективными являются углекислотные огнетушители. Использование гидрантов для тушения электрооборудования запрещено.

4.4. Мероприятия по эргономике

Целью эргономики является улучшение условий труда, повышение эффективности труда (в частности, производительности) при обеспечении комфорта и безопасности труда, также сохранение здоровья человека.

Конвейер должен быть простым и понятным для обслуживающего персонала. Кнопки «Старт», «Стоп» должны различаться по цвету и быть промаркированы. Проводники, согласно норм ПУЭ, должны иметь цветное и буквенно-цифровое обозначение в местах подключения. На элементах конвейера должны быть надписи, указывающие про опасность движущихся частей механизма, риск поражения электрическим током. Ничто не должно препятствовать доступу к загрузочным и разгрузочным отверстиям. Так же необходимо обеспечить полноценный доступ для обслуживания привода конвейера: двигателя, частотного преобразователя и редуктора.

					ЕП.ПД.18.08.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

5. ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

					ЕП.ПД.18.08.05.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1 Введение

Всевозможные конвейеры широко используются в предприятиях горнодобывающей отрасли, производстве, сфере обслуживания и т.д. Эти механизмы порой работают круглые сутки, от их производительности зависит объем транспортируемой продукции в единицу времени, а значит и дальнейшая прибыль предприятия. Следовательно есть смысл улучшения конвейеров, их надежности, скорости перемещения (если это представляется возможным) и автономности работы.

На сегодняшний день в конвейерном транспорте используются морально и физически устаревшие нерегулируемые электропривода с релейно-контакторным управлением. Особенностью приводов постоянного тока является сложность конструкции, связанная с наличием коллекторно-щеточного механизма, который нуждается в периодическом обслуживании. Их использование ныне уместно лишь в механизмах, где требуется постоянный высокий момент вращения вала. При одинаковой потребляемой мощности мы получим гораздо больший момент, по сравнению с асинхронным двигателем.

Нерегулируемый асинхронный привод обладает относительно низким КПД, который повышает потери энергии особенно при недогрузе механизма. В отличие от не регулируемого электропривода, современный асинхронный электропривод с короткозамкнутым ротором и преобразователем частоты лишен вышеперечисленных недостатков. Преимущества регулируемого АД главным образом обеспечиваются применением ресурсосберегающих режимов и управления скоростью вращения ротора на уровне не хуже регулировочных возможностей приводов постоянного тока.

Принимая во внимание очевидные достоинства регулируемого АД с частотным управлением, в проекте принято решение об его использовании в тяговом механизме скребкового конвейера.

					ЕП.ПД.18.08.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

5.2. Расчет капитальных затрат

Для приобретения основных фондов и нематериальных активов, подлежащих дальнейшей амортизации, необходимы денежные средства, называемые капитальными вложениями. На основе договорных цен на электрооборудование, расценок на выполнение монтажных и наладочных работ найдем величину проектных капиталовложений:

$$K_{пр} = K_{об} (\sum_{i=1}^K C_i) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_{пр}, \quad (5.1)$$

Где $K_{об} (\sum_{i=1}^K C_i)$ – стоимость приобретения электрооборудования;

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.

Табл.5.1 – Сводка капитальных затрат

№ п/п	Наименование технических средств (комплектующих изделий)	Количество	Цена	Сумма, грн
1	Преобразователь частоты ATV71E5D15N4 [13]	1	76 435	76 435
2	Электродвигатель 11 кВт тип 4A160S6Y3 (б/у) [14]	1	5 000	5 000
Всего				81 435

Стоимость доставки оборудования из Киева и Кривого Рога, услугами «Нова пошта», составляет 530грн и 235грн соответственно. [15]

Учитывая то, что осуществлять монтаж будут 2 специалиста, часовая ставка для электромонтажника V разряда составляет 32,20грн, необходимое время для установки – 8 часов, а коэффициенты равны:

					ЕП.ПД.18.08.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$K_d = 1,69$ – Коэффициент, учитывающий размер доплат;

$K_{см} = 1,22$ – Коэффициент, учитывающий единый социальный взнос;

$K_{пр} = 1,07$ – Коэффициент, учитывающий прочие затраты на осуществление монтажных работ.

Найдем затраты на монтаж:

$$Z_m = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{см} \cdot K_{пр} = (2 \cdot 32,20 \cdot 8) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 1\,137, \text{ (грн)} \quad (5.2)$$

Где C_i – численность работников i -го разряда;

a_i – часовая ставка работника i -го разряда;

t_i – время, необходимое для выполнения работ.

Наладку будет осуществлять специалист VI разряда, тарифная ставка составляет 38,70грн, необходимое время для наладки – 2 часа, коэффициенты остаются прежними. Затраты на наладку будут равны:

$$Z_n = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{см} \cdot K_{пр} = (1 \cdot 38,70 \cdot 2) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 171, \text{ (грн)} \quad (5.3)$$

В качестве прочих затрат выступает демонтаж старого оборудования. Выполнять его будут те же рабочие, что и монтаж. Время необходимое для демонтажа – 5 часов.

$$Z_d = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{см} \cdot K_{пр} = (2 \cdot 32,20 \cdot 5) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 710, \text{ (грн)} \quad (5.4)$$

Учитывая то, что заменяемое оборудование находится хоть и в не наилучшем, но в работоспособном состоянии, есть возможность его продать, вырученные деньги уменьшат величину проектных капиталовложений. Сумма

					ЕП.ПД.18.08.05.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вырученная от продажи старого электрооборудования составляет: $C_d = 5000$ грн.

В результате получаем следующую сумму проектных капиталовложений:

$$K_{пр} = 81\,435 + 530 + 235 + 1\,137 + 171 + 710 - 5\,000 = 79\,218, \text{ (грн)} \quad (5.5)$$

5.3. Расчет эксплуатационных расходов

Затраты на обслуживание объекта и его эксплуатацию за определенный период времени, выраженные в денежной форме наз. эксплуатационными расходами, их находят по формуле:

$$C = C_a + C_з + C_c + C_T + C_э + C_{пр} = 117\,989, \text{ (грн)} \quad (5.6)$$

Где C_a — амортизационные отчисления;

$C_з$ — заработная плата обслуживающего персонала;

C_c — отчисления на социальные мероприятия от заработной платы;

C_T — затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования;

$C_э$ — стоимость электроэнергии, потребляемой объектом проектирования;

$C_{пр}$ — прочие эксплуатационные расходы ($C_{пр}$).

5.3.1. Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления – это средства направленные на ремонт, строительство и возобновление основных средств. Амортизация начисляется исходя из срока полезного использования оборудования, а тот в свою очередь назначается предприятием исходя из ожидаемых экономических выгод.

					ЕП.ПД.18.08.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$\Phi_a = \Phi_n - Л = 79\,218, \text{ (грн)} \quad (5.7)$$

Где Φ_n – первоначальная стоимость объекта основных средств;
 $Л$ – расчетная ликвидационная стоимость основных средств (принимается равной нулю).

Учитывая то, что электродвигатель и частотный преобразователь являются электрооборудованием, а рекомендуемый срок полезного использования последнего – 5 лет, норму амортизации находим как:

$$H_a = \frac{\Phi_n - Л}{\Phi_n \cdot T_k} \cdot 100\% = \frac{79218}{79218 \cdot 5} \cdot 100\% = 20\% \quad (5.8)$$

Годовые амортизационные отчисления по прямолинейному методу рассчитываем по формуле:

$$AO = \frac{\Phi_n \cdot H_a}{100} = \frac{79218 \cdot 20}{100} = 15\,844, \text{ (грн)} \quad (5.9)$$

Табл.5.2 – Расчет амортизационных отчислений

Капитальные затраты, грн	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, грн.
79218	20	15 844

5.3.2. Расчет отчислений на социальные мероприятия

Отчисления на социальные мероприятия (единый социальный взнос) определяются на основании установленного действующим законодательством процента от суммы основной и дополнительной заработной платы. По состоянию на 2017 единый социальный взнос составляет 22% от общей заработной платы работника.

5.3.3. Определение годовых затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт

Годовые затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт – это затраты определяемые по фактическим данным предприятия и связанные с необходимостью покупки материалов, запасных частей, выплаты зарплаты ремонтным рабочим.

Для аппаратуры автоматики и систем автоматизации, расходы на текущий ремонт находятся по формуле:

$$Z_{т.р.} = \sum_{i=1}^n (R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\phi}) \quad (5.10)$$

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.:

- малого – 1,2;
- среднего – 7,0;
- капитального – 15,0.

m_i – число ремонтов за год (например, для закрытых электромашин число малых ремонтов – 2, средних – 1, капитальных – 0,1);

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

- асинхронный двигатель от 0,5 до 5 кВт – 1,3;
- асинхронный двигатель от 5 до 10 кВт – 2,1;
- асинхронный двигатель от 55 до 75 кВт – 6,0;
- машины постоянного тока от 0,5 до 5 кВт – 2,5;
- электродвигатели и генераторы постоянного тока от 55 до 75 кВт – 10,0.

S_i – стоимость однотипных заменяемых элементов, грн.;

					ЕП.ПД.18.08.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

P_i – количество однотипных заменяемых элементов;

T_i – средний срок службы деталей данного типа, ч.;

T_ϕ – число часов работы аппаратуры в год, ч.

При условии, что машина работает 245 дней в году, в 2 смены, а смена длится 8 часов, годовой фонд рабочего времени для электрооборудования будет равен:

$$T_H = T_p \cdot K_{cm} \cdot t_{cm} = 245 \cdot 2 \cdot 8 = 3\,920, \text{ (час.)} \quad (5.11)$$

Где где K_{cm} - количество рабочих смен.

Для оборудования нужно проводить профилактические ремонтные работы, время затраченное на них найдем как:

$$T_{п.рем.} = 12 \cdot 8 = 96, \text{ (час.)} \quad (5.12)$$

Общее время обслуживания составляет:

$$T_{обсл} = 96 + 245 = 341, \text{ (час.)} \quad (5.13)$$

Итоговое время работы оборудования представляет разницу номинального годового фонда рабочего времени электрооборудования и общего времени обслуживания.

$$T_p = T_H - T_{обсл} = 3\,920 - 341 = 3\,579, \text{ (час.)} \quad (5.14)$$

В результате получим расходы на текущий ремонт:

$$Z_{т.р.} = 32,20 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 2,4 + \frac{130 \cdot 6}{300} \cdot 3\,579 = 9\,676, \text{ (час.)} \quad (5.15)$$

					ЕП.ПД.18.08.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

5.3.4. Расчет стоимости потребленной электроэнергии

Исходя из мощности привода, фонда рабочего времени электрооборудования и учитывая то что цена электроэнергии составляет 2,02 грн / кВт • ч, стоимость потребленной объектом электроэнергии в течении года составляет:

$$C_e = W_p \cdot C_e = 2,02 \cdot 45\,777 = 92\,469, \text{ (грн)} \quad (5.16)$$

где C_e - тариф на электроэнергию;

W_p - количество потребленной за год электроэнергии:

$$W_p = \frac{P}{\cos\varphi} \cdot T_p = \frac{11}{0,86} \cdot 3\,579 = 45\,777, \text{ (кВт·час)} \quad (5.17)$$

где P – мощность двигателя;

$\cos\varphi$ – коэффициент активной мощности.

5.3.5. Определение прочих расходов

В состав прочих расходов входят затраты на спецодежду, защиту для персонала, охрану труда. Как показывает практика их можно принимать равными 4% от фонда заработной платы персонала.

5.4 Выводы

Во время выполнения экономической части диплома были рассчитаны капитальные затраты на внедрение нового привода в уже существующий конвейер, они составили 79 218грн, с учетом продажи старого оборудования. При условии регулярного обслуживания, и некритических поломок, годовые затраты на ремонт составят 9 676грн. Затраты на обслуживание объекта и его эксплуатацию в целом составят 117 989грн.

					ЕП.ПД.18.08.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

При имеющемся режиме работы, внедренные инновации себя окупят, благодаря снижению энергопотребления и отсутствию необходимости столь частого обслуживания. Практика показывает, что ДПТ являются более подверженными механическим поломкам чем АД, в следствии наличия скользящего контакта, а именно коллектора и токопередающих щеток, которые склонны к выходу из строя.

Замена устаревших приводов постоянного тока в составе конвейерных установок, на современный частотно управляемый привод переменного тока, является отличным шагом для уменьшения энергозатрат, увеличения надежности механизма и увеличения продуктивности линии в целом.

					ЕП.ПД.18.08.05.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проекте выполнена модернизация скребкового конвейера, средством замены морально и физически устаревшего нерегулируемого электропривода с релейно-контакторным управлением, на асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и частотным управлением. Это позволит повысить надежность механизма и его энергоэффективность.

Рассчитаны конструктивные параметры, тяговые усилия и статический момент конвейера, исходя из чего произведен выбор двигателя и комплектного электропривода.

При помощи пакета Matlab, приложения Simulink, выполнено моделирование полученной системы, и исследована динамика спроектированного электропривода в режимах пуска, установившегося движения, изменения скорости и торможения. Сделаны выводы о работоспособности системы.

Были оценены вредные и опасные факторы, влияющие на персонал и оборудование, а так же предложены инженерные мероприятия по их устранению или локализации. Предложены меры по пожарной профилактике на производстве.

Рассчитаны капитальные затраты на внедрение нового электропривода в конвейер и эксплуатационные расходы. Сделаны выводы о целесообразности внедрения инновации в механизм.

					ЕП.ПД.18.08.В.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмин А.В., Марон Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. шк., 1983. – 350 стр., ил.
2. Терехов В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. – М.: Академия, 2005. – 300 с.
3. Правила устройства электроустановок. – Х.: Изд-во «Форт», 2009. – 704 с.
4. Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0.4кВ. М.: Энергоатомиздат, 1988. – 171 с.
5. Мониторинг условий труда: учеб. пособие / В.И. Голинько, С.И. Чеберячко, М.В. Шибка, О.О. Яворська. – 2-е изд. – Д.: Национальный горный университет, 2012. – 236с.
6. Якобсон М.О. Единая система планово-предупредительного ремонта. – М.: Машиностроение, 1967. – 590 с.
7. Охрана труда. Методические указания к выполнению дипломного проекта. Кафедра прикладной экономики. Днепропетровск НГУ 2007. – 20 с.
8. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проекта студентов института электроэнергетики/ Голинько В.И. Фрундин В.Ю. Иконников М.Ю. – Д.: ГВУЗ «Национальный горный университет», 2011. – 7 с.
9. ГОСТ 588–81 Цепи тяговые пластинчатые. Технические условия.
10. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
11. КомпанияSchneiderElectric: [Электронный ресурс]. URL: schneider-electric.ua
12. ДТЕКДнепроблэнерго: [Электронный ресурс]. URL: doe.com.ua
13. Купить преобразователь частоты ATV71E5D15N4: [Электронный ресурс]. URL: <https://prom.ua/p431025901-atv71e5d15n4-peretvoryuvach-chastoti.html>

					ЕП.ПД.18.08.П.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

14. Купить электродвигатель 11 кВт тип 4A160S6У3 (б/у): [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ukrboard.com.ua/ru/board/m-1616456/ehlektrodivigatel-11-kvt960-obor-tip-4a160s6-flanets-napryazhenie-220-380v/>

15. Расчет стоимости доставки компанией «Нова пошта» [Электронный ресурс]. URL: <https://novaposhta.ua/ru/delivery>

					ЕП.ПД.18.08.П.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ПРИЛОЖЕНИЕ А

		Обозначение	Наименование	Кол-во листов	Примечание
1			<u>Документация</u>		
2	A4	ЕП.ПД.18.06.ПЗ	Пояснительная записка	66	
3			<u>Графические материалы</u>		
4	A1	ЕП.ПД.18.06.ТС	Технологическая часть скребкового конвейера.	1	
5	A1	ЕП.ПД.18.06.ЭС	Автоматизированный электропривод. Выбор электродвигателя и частотного преобразователя. Структурная схема управления электроприводом. Паспортные данные и схема подключения	1	
6	A1	ЕП.ПД.18.06.ФС	Исследование динамики электропривода. Модель в Simulink, модель двигателя в системе координат альфа-бета. Диаграмма переходных процессов.	1	
7	A1	ЕП.ПД.18.06.ЭС	Охрана труда и технико-экономическое обоснование	1	

					ЕП.ПД.18.04.Д.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б: АЛГОРИТМ РАСЧЕТОВ В MATHCAD

Расчет мощности приводного двигателя

Исходные данные:

$\rho := 0.8 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$	насыпная плотность угля
$L := 60 \text{ м}$	длина конвейера
$\beta := 6 \text{ град}$	угол наклона конв. к горизонту
$Q := 60 \frac{\text{т}}{\text{ч}}$	производительность конвейера
$a_{\text{max}} := 0.2 \text{ м}$	максимальный размер кусков несортмированного груза
$k_c := 2$	конструктивный коеф.
$\psi := 0.7$	коеф. сыпучести груза
$v := 0.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	скорость конвейера
$k\beta := 1$	коеф. наклона конвейера

Расчетная часть

$h_z := \sqrt{\frac{Q}{3600k_c v \rho k\beta \psi}} = 0.173$	рабочая высота желоба
$V_z := k_c h_z = 0.345 \text{ м}$	ширина желоба
$h_s := h_z + 0.025 = 0.198 \text{ м}$	конструктивная высота скребка

Принятые конструкционные данные конвейера

$B := 400 \text{ мм}$	ширина скребка
$h := 200 \text{ мм}$	высота скребка
$t_s := 0.5 \text{ м}$	шаг скребков
$t := 0.25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	шаг звеньев цепи
$V_{\text{w}} := 100 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$	объемная производительность установк

Уточняющий расчет

$Q_p := V \cdot \rho = 80 \frac{\text{т}}{\text{ч}}$	производительность полученного конв
$B_z := B + 2 \cdot 10 = 420 \text{ мм}$	окончательная ширина желоба
$q := \frac{Q}{3.6 \cdot v} = 33.333 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$	погонная масса груза
$k_c := 0.7$	коеф
$q_c := k_c \cdot q = 23.333 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$	погонная масса цепи
$F_1 := 3000 \text{ Н}$	минимальное натяжение
$f_d := 0.54$	коеф. трения
$w_g := 1.1 \cdot f_d = 0.594$	коеф сопротивления движения груза
$w_c := 0.12$	коеф. сопротивления цепи
$L_{gg} := 60 \cdot \cos(6 \text{ deg}) = 59.671 \text{ м}$	длина горизонт. проекции конвейера
$H_g := 60 \cdot \sin(6 \text{ deg}) = 6.272 \text{ м}$	высота подъема
$g := 9.81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	

Расчет тяговых усилий

$$F_{34} := [(q \cdot w_g + q_c \cdot w_c) \cdot L_{gg} \cdot g] + [(q + q_c) \cdot H_g \cdot g] = 16715.931 \quad \text{сопрот. на прямолин. загр. уч.}$$

$$F_{12} := q_c \cdot g \cdot (w_c \cdot L_{gg} - H_g) = 203.458 \quad \text{Н} \quad \text{хх на прямолин. уч.}$$

$$F_2 := F_1 + F_{12} = 3.203 \times 10^3 \quad \text{Н} \quad \text{натяж в т.2}$$

$$k_p := 1.06 \quad \text{коэф. увеличения ТО}$$

$$F_{23} := F_2 \cdot (k_p - 1) = 192.207 \quad \text{Н} \quad \text{сопротив на звездочках}$$

$$F_3 := F_2 + F_{23} = 3395.665 \quad \text{Н} \quad \text{натяж в т.3}$$

$$F_4 := F_3 + F_{34} = 20111.596 \quad \text{Н} \quad \text{натяж в т.4}$$

$$F_{наб} := F_4 + F_4 \cdot (k_p - 1) = 21318.292 \quad \text{Н} \quad \text{натяжение в набегających тяговых цепях}$$

$$F_0 := F_{наб} - F_1 = 18318.292 \quad \text{Н} \quad \text{тяговая сила конвейера}$$

Предварительный расчет мощности привода

$$\eta_w := 0.96 \quad \text{КПД редуктора}$$

$$P := \frac{F_0 \cdot v}{1000 \cdot \eta} = 9.541 \quad \text{кВт} \quad \text{необходимая мощность двигателя}$$

$$n := 1000 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad \text{номин. частота вращения двигателя}$$

$$z := 6 \quad \text{число зубьев приводной звезды}$$

$$n_{прв} := \frac{60 \cdot v}{z \cdot t} = 20 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad \text{частота вращения приводного вала конвейера}$$

$$u := \frac{n}{n_{прв}} = 50 \quad \text{передаточное число редуктора}$$

Паспортные данные двигателя.

$$P_n := 11 \quad \text{кВт} \quad \text{номинальная мощность двигателя}$$

					ЕП.ПД.18.04.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Технические данные асинхронных двигателей серии
4А закрытого исполнения (IP44) напряжение 380/220 В

Тип	$P_{ном}$, кВт	$S_{ном}$, %	$\eta_{ном}$, %	$\cos\phi_{ном}$	$\frac{M_{змп}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{II}}{M_{ном}}$	S_n , %	$\frac{I_{II}}{I_{ном}}$	$J_{a,2}$, кгм ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Синхронная частота вращения 1000 об/мин

4A160S6Y3	11	3	86	0.86	2.0	1.2	15	6	0.14
-----------	----	---	----	------	-----	-----	----	---	------

Параметры схемы замещения асинхронных двигателей
серии 4А закрытого исполнения (IP44) – в относительных единицах

Тип	x_{II}^*	R_1^*	x_1^*	R_2^*	x_2^*
-----	------------	---------	---------	---------	---------

Синхронная частота вращения 1000 об/мин

4A160S6Y3	3,0	0,073	0,11	0,030	0,15
-----------	-----	-------	------	-------	------

Проверка привода на перегрузочную способность

$D := 0.085$ м		диаметр прив. звезды согласно ГОСТ 588-81, для катковой цепи
$M_{sv} := 0.5F_0 \cdot D = 778.527$ Н·м		момент статических сопротивлений на прив. валу
$M_n := 95.50 \frac{P_n}{n} = 105.05$ Н·м		номинальный момент электродвигателя
$\lambda := 2$		перегрузочная способность двигателя
$M_{max} := \lambda \cdot M_n = 210.1$ Н·м		максимальный момент двигателя
$M_{srp} := 0.75 \cdot M_{max} = 157.575$ Н·м		средний пусковой момент двигателя

Уточняющий расчет механики конвейера

$u_{real} := 50.94$		действительное передаточное число редуктора
$M_s := M_{sv} \frac{\eta}{u_{real}} = 14.672$ Н·м		момент статических сопротивлений на валу двигателя
$M_{in} := M_{srp} - M_s = 142.903$ Н·м		момент сил инерции на валу двигателя
$M_{inv} := M_{in} \cdot u_{real} \cdot \eta = 6988.305$ Н·м		момент сил инерции на приводном валу
$M_{prusk} := M_{sv} + M_{inv} = 7766.832$ Н·м		момент от сил инерции и статических сопротивлений на приводном валу при разгоне конвейера
$F_{prusk} := 2 \cdot \frac{M_{prusk}}{D} = 182748.994$ Н		усилие на приводном барабане при пуске
$M_{prusk_{пр}} := \frac{M_{prusk}}{u_{real} \cdot \eta} = 158.823$ Н·м		статический момент конвейера приведенный к валу двигателя
$M_{max} > M_{prusk_{пр}}$ $M_{max} = 210.1$		двигатель подходит по моменту
$k_1 := 1.5$		коэф. приведения массы

$$F_{din} := \frac{60 \cdot v_L^2}{z^2 t} \cdot (q + kl \cdot qc) = 6833.333 \quad \text{Н}$$

динамическая нагрузка на цепи

$$F_{c6} := 0.1 \cdot F_0 = 1831.829 \quad \text{Н}$$

натяжение цепи обегавшей с тяговой звездочки

$$F_{пуск_наб} := F_{пуск} + F_{din} + F_{c6} = 191414.156 \quad \text{Н}$$

усилие в набегавшей на приводные звездочки ветви цепного тягового органа при пуске

$$F_{разр} := 224000 \quad \text{Н}$$

разрушающая нагрузка на цепь

$$k_{загр} := 8$$

коэффициент запаса прочности цепи

$$F_{доп} := \frac{F_{разр}}{k_{загр}} = 28000 \quad \text{Н}$$

допускаемая нагрузка на тяговый орган

$$k_{перг} := \frac{F_{пуск_наб}}{F_{доп}} = 6.836$$

коэф. перегрузки тягового органа при пуске в енвейера

Расчет мощности комплектного преобразователя

$$\cos\varphi := 0.86$$

$$\eta_D := 0.86$$

$$I_{н.н.} := \frac{P_n \cdot 10^3}{3 \cdot 380 \cdot \cos\varphi} \quad I_{н.н.} = 11.22 \quad \text{А}$$

Необходимые параметры для выбора преобразователя

$$P_p := \frac{P_n}{\eta_D} \quad P_p = 12.791 \quad \text{кВт}$$

Паспортные данные комплектного преобразователя

Преобразователь «ATV71E5D15N4» серии Altivar 71

Мощность преобразователя	Ном. напряжение питания	Частота питания	Линейный ток	Число фаз питания	Ном. выходной ток	Макс. переходной ток
кВт	В	Гц	А		А	А
15	380...480	50...60	39	3	27 в 4 kHz	49.5 для 60с 54.5 для 2с

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.ПД.18.04.Д.ПЗ

Арк.

64

Расчет параметров системы ПЧ-АД

Исходные данные

Тип двигателя 4А160S8У3

$P_H \equiv 11000$	Активная мощность, Вт
$U_H \equiv 220$	Номинальное напряжение питания, В
$n \equiv 1000$	Частота вращения вала двигателя, об/мин
$J \equiv 0.14$	Момент инерции, Нм ²
$\eta \equiv 0.86$	Кoeffициент полезного действия двигателя
$\cos\phi_H \equiv 0.86$	Кoeffициент мощности
$s_H \equiv 0.03$	Номинальное скольжение
$f := 50$	Частота сети питания, Гц
	Перегрузочная способность
$i \equiv 50$	Передаточное число редуктора
$n_{\text{мех}} \equiv 20$	Частота вращения вала механизма, об/мин
$P_0 \equiv 9541$	Активная мощность на валу механизма, Вт
$\eta_p \equiv 0.96$	Кoeffициент полезного действия редуктора

Параметры схемы замещения двигателя

$r_1 \equiv 0.073$	Активное и реактивное сопротивление фазы статора, о.е.
$x_1 \equiv 0.11$	
$r_2 \equiv 0.03$	Активное и реактивное сопротивление фазы ротора, о.е.
$x_2 \equiv 0.15$	
$x_\mu \equiv 3$	Реактивное сопротивление цепи намагничивания, о.е.

Визначення базових величин

$I_H \equiv \frac{P_H}{3 \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos\phi_H}$	$I_H = 22.535$	Базовый ток, А
$Z \equiv \frac{U_H}{I_H}$	$Z = 9.763$	Базовое сопротивление, Ом
$M_H \equiv \frac{9.55 \cdot P_H}{n \cdot (1 - s_H)}$	$M_H = 108.299$	Базовый момент, Нм

					ЕП.ПД.18.04.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$p_{\Pi} \equiv \frac{60 \cdot 50}{n}$$

$$p_{\Pi} = 3$$

Колпчество пар полюсов

$$\omega_{\text{H}} \equiv \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$\omega_{\text{H}} = 104.72$$

номинальная угловая скорость, с⁻¹

Определение реальных сопротивлений схемы замещения

$$R_1 \equiv r_1 \cdot Z$$

$$R_1 = 0.713$$

$$X_1 \equiv x_1 \cdot Z$$

$$X_1 = 1.074$$

Активное и реактивное сопротивление фазы статора, Ом.

$$R_2 \equiv r_2 \cdot Z$$

$$R_2 = 0.293$$

$$X_2 \equiv x_2 \cdot Z$$

$$X_2 = 1.464$$

Активное и реактивное сопротивление фазы ротора, Ом.

$$X_{\mu} \equiv x_{\mu} \cdot Z$$

$$X_{\mu} = 29.288$$

Определение параметров обмоток двигателя

$$L_1 \equiv \frac{X_1 + X_{\mu}}{\omega_{\text{H}} \cdot p_{\Pi}}$$

$$L_1 = 0.097$$

Индуктивность фазы статора, Гн.

$$L_2 \equiv \frac{X_2 + X_{\mu}}{\omega_{\text{H}} \cdot p_{\Pi}}$$

$$L_2 = 0.098$$

Индуктивность фазы ротора, Гн.

$$L_m \equiv \frac{X_{\mu}}{\omega_{\text{H}} \cdot p_{\Pi}}$$

$$L_m = 0.0932271$$

Взаимная индуктивность фазы статора и ротора, Гн.

$$k_{\sigma} \equiv \frac{1}{L_1 \cdot L_2 - L_m^2}$$

$$k_{\sigma} = 1300.0866474$$

Вспомогательный коэффициент, 1/Гн²

Расчет коэффициента усиления задатчика интенсивности ЗИ

$$T \equiv J \frac{\omega_H}{M_H} \quad T = 0.135 \quad \text{Время ускорения до номинальной скорости при номинальном ускорении, с}$$

$$U_{ЗИ} \equiv 10 \quad \text{Задание на скорость, В}$$

Для блока ограничений предусмотрена установка напряжений +/- 10 В

$$k_{ЗИ} \equiv \frac{U_{ЗИ}}{T} \quad k_{ЗИ} = 73.87$$

Расчет коэффициента усиления обработки закона регулирования

$$k \equiv \frac{U_H}{2 \cdot \pi \cdot 50} \quad k = 0.7$$

Расчет коэффициента усиления преобразователя напряжения

$$U_{ВЭП} \equiv 10 \cdot k \quad U_{ВЭП} = 7.003$$

$$k_{П} \equiv \frac{U_H}{U_{ВЭП}} \quad k_{П} = 31.416$$

Расчет коэффициента усиления преобразователя частоты

$$U_{ВЧ} \equiv 10 \quad \text{Определение постоянной времени преобразователя, с}$$

$T_{\mu} \equiv 0.005$ Обычно принимается по предварительным ведомостям, с

$$k_{Ч} \equiv \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{U_{ВЧ}} \quad k_{Ч} = 31.416$$

Расчет перегрузочной способности двигателя

$$M_{кр} \equiv M_H \cdot 2 \quad M_{кр} = 216.598 \quad \text{Критический момент двигателя, Нм}$$

$$M_{кр\text{мг}} \equiv \frac{M_{кр} \cdot i}{\eta_p} \quad M_{кр\text{мг}} = 11281.1426117 \quad \text{Критический момент двигателя приведенный к валу механизма, Нм}$$

$$\omega_m \equiv \frac{\pi \cdot n_{\text{мех}}}{30} \quad \omega_m = 2.094 \quad \text{Скорость вращения вала механизма, с}$$

$$M_{\text{мех}} \equiv \frac{P_0}{\omega_m} \quad M_{\text{мех}} = 4555.4919361 \quad \text{Момент на валу механизма, с-1}$$

$$M_{кр\text{мг}} \geq M_{\text{мех}} \quad \text{Условие выполняется. Из Чего следует правильность выбора двигателя.}$$