

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Ю.С. Сергеев  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Автоматизация вибропрессующего комплекса

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности  
доцент

\_\_\_\_\_ С.Н. Трофимова  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель работы  
доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_ В.М. Сандалов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Экономическая часть  
доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_ В.М. Сандалов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
студент группы ФТТ-533

\_\_\_\_\_ В.А. Шевчук  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер  
ст. преподаватель

\_\_\_\_\_ О.В. Терентьев  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Златоуст2018

## АННОТАЦИЯ

Шевчук В.А. Автоматизация вибропрессующего комплекса – г Златоуст: филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра ЭАПП, 2018 г., 59 с., 14 илл., Библиографический список – 31 наименования. 8 листов чертежей ф.А1.

В выпускной квалификационной работе предложен вариант системы автоматики линии разгрузки поддонов вибропрессующего комплекса автоматизированного (ВКА) ООО «Монолит 74».

Произведено сравнение современного вибропрессующего оборудования.

Произведён анализ технологического процесса, разработана функциональная схема системы управления линии разгрузки поддонов ВКА.

Система автоматики реализована на промышленном контроллере.

Перемещение тележки схвата разгрузки поддонов реализован на преобразователе частоты.

Произведен расчет нагрузки электроприводов.

Произведен выбор преобразователя частоты контроллера, датчиков, панели оператора.

Разработана электрическая схема принципиальная.

Разработано математическое описание системы автоматики.

Разработано программное обеспечение.

Разработана математическая модель в программе VisSim.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Шевчук В.А.				Автоматизация вибропрессующего комплекса Пояснительная записка	Литера	Лист	Листов
Пров.	Сандалов В.М.					Д	4	59
Т. контр.	Вигриянов П.Г.					Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте		
Н. контр.	Терентьев О.В.					Кафедра ЭАПП ФТТ-533		
Утв.	Сергеев Ю.С.							

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	11
2.1 Вибропрессующий комплекс автоматизированный.....	11
2.2 Принцип работы и состав оборудования линии разгрузки поддонов .....	13
3. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИНИИ РАЗГРУЗКИ ПОДДОНОВ.....	14
4. РАСЧЕТ НАГРУЗОК ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ .....	16
4.1 Расчёт активной нагрузки для приводов, тележки схвата разгрузки поддонов, конвейера поддонов и штабелера поддонов .....	16
4.2 Расчет мощности электродвигателя .....	17
4.3 Расчет динамического и статического момента на валу электродвигателя	18
5. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ .....	23
5.1 Выбор частотного преобразователя. ....	23
5.2 Выбор входных, выходных модулей контроллера .....	25
5.3 Выбор датчиков.....	28
5.4 Разработка электрической схемы принципиальной .....	28
6. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ.....	32
7. МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ VISSIM .....	38
8. ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	40
9. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	42
9.1 Краткое описание рассматриваемого объекта .....	42
9.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов .....	42
9.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса .....	43
9.4 Охрана труда .....	47
9.5 Производственная санитария .....	51
9.6 Эргономика и производственная эстетика .....	52
9.7 Противопожарная и взрывобезопасность .....	53
9.8 Экологическая безопасность .....	54
9.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций .....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	58

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов является одним из наиболее актуальных направлений технического прогресса.

ООО «Монолит 74» (Златоуст) занимается проектированием и производством строительного оборудования: передвижные и стационарные вибропрессы УРАЛ-М, которые производят различную продукцию, например, шлакоблоки, бордюры, тротуарную плитку. Работа на вибропрессах подразумевает использование ручного труда, что отрицательно сказывается на производительности и себестоимости продукции.

Одним из проектов ООО «Монолит 74» является «Вибропрессующий комплекс автоматизированный» (ВКА), позволяющий обеспечить автоматическую разгрузку поддонов и очистку поддонов, автоматизированную упаковку продукции.

В настоящее время широкое распространение получили шлакоблоки, бордюры, тротуарные плитки, изготовленные методом полусухого вибропрессования, промышленное изготовление которых организовано на «Автоматизированном вибропрессующем комплексе».

Внедрение автоматизированных систем позволило значительно повысить производительность вибропрессов, улучшить качество продукции, сократить оперативный персонал.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности комплекса.

В рамках поставленной цели решаются следующие задачи:

- анализ технологического процесса;
- разработка функциональной схемы системы управления линии разгрузки поддонов;
- расчет и выбор оборудования;
- математическое описание системы автоматизации;
- разработка программного обеспечения, моделирование;
- разработка принципиальной схемы;
- оценка технико-экономических показателей;

Объект - вибропрессующий комплекс.

Предмет - система автоматизации вибропрессующего комплекса.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Вибропрессование – это способ уплотнения полусухой (жесткой) бетонной смеси, заключается в том, что бетонная смесь в пресс-форме подвергается воздействию вибрирующей силы снизу или сбоку пресс-формы при одновременном давлении сверху. Процесс проходит на специальных вибропрессах, которые устанавливаются стационарно. Характерной особенностью используемой бетонной смеси является пониженное водоцементное соотношение.

В формировании продукции участвуют две части вибропресса – пуансон и матрица. Пуансон обеспечивает прессование, а матрица формирует стенки плитки. Весь процесс формирования изделия происходит на технологических поддонах, которые затем перемещаются на участок, предназначенный для сушки.

Технология производства путём вибропрессования подразумевает прохождение четырех этапов.

Первый этап – приготовление бетона, которое происходит в бетоносмесителе. Приготовленный бетон подают в бункер пресса.

Второй этап – формирование изделия. Бетонная смесь попадает в матрицу из бункера при помощи загрузчика и прижимается сверху пуансоном. Затем включается механизм виброплощадки и вследствие действия виброимпульса происходит уплотнение изделия. Следующий шаг – освобождение готовой продукции из матрицы с помощью пуансона путём поднятия матрицы, на технологическом поддоне остаётся изделие.

Третий этап – сушка. Технология производства обязательно включает стадию качественной просушки изделий. В этот период достигается необходимая прочность продукции. Обычно применяется два способа просушки – тепловлажная обработка при помощи водяного пара или сушка в производственном помещении. В первом случае потребуются дополнительные расходы, а второй возможен лишь при использовании портландцемента.

Четвертый этап – разгрузка готовой высушенной продукции с технологического поддона на паллеты.

В связи с развитием индивидуального строительства и малых предприятий, рынок производства строительных материалов переходит к малому бизнесу, который составляет конкуренцию крупным бетонным заводам. Становится актуальным использование автоматизированных линий вибропрессования, основным узлом которых является вибропресс.

На рисунке 1.1 представлен внешний вид вибропресса [2].

При использовании лишь стационарного вибропресса требуется 6 человек.

По существующей технологии работу линии обеспечивают 2 человека на подготовке смеси, один оператор вибропресса, один рабочий контролирует процесс вибропрессования и 2 человека на разгрузке продукции и загрузке поддонов (при использовании штабелёров и погрузчика). Приведённая

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

численность персонала не учитывает работу пропарочной камеры, разгрузку поддонов, упаковку готовой продукции и доставку исходного сырья.

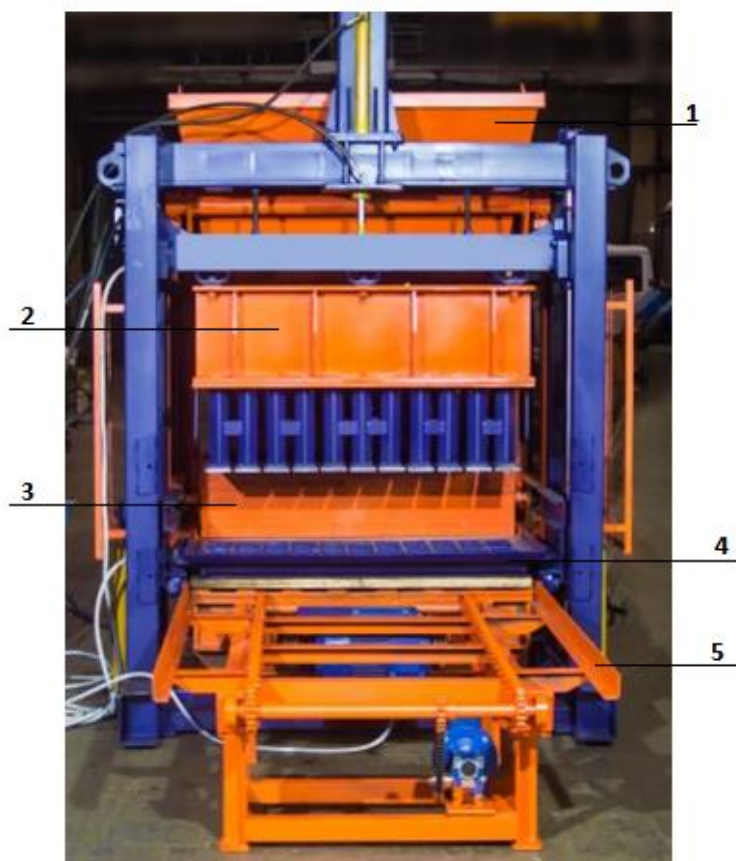


Рисунок 1.1 – Внешний вид вибропресса

1 – Бункер заполнения смеси; 2 – Пуансон; 3 – Загрузчик; 4 – Пресс-форма (матрица); 5 – Конвейер цепной.

При использовании автоматической линии вибропрессования появляется возможность уменьшить количество рабочего персонала, повысить производительность за счёт сокращения длительности цикла вибропрессования.

Снижение себестоимости продукции осуществляется посредством уменьшения заработной платы и увеличения производительности.

От производительности вибропресса напрямую зависит производительность линии, поэтому необходимо провести анализ и сравнение некоторых отечественных и зарубежных вибропрессов. В качестве рассматриваемого вибропрессующего оборудования были выбраны вибропрессующие комплексы на базе Урал-М6, Мастек-Атлант и *Namtas NS-20*.

В таблице 1.1 представлено сравнение рассмотренных вибропрессов.

Таблица 1.1 – Сравнение вибропрессующего оборудования

Характеристики	Мастек-Атлант	Урал-М6	Namtas NS-20
Полезная площадь прессования, мм <sup>2</sup>	1000×600	1200×450	900×850

Окончание таблицы 1.1

Характеристики	Мастек-Атлант	Урал-М6	Namtas NS-20
Рабочая высота изделий, мм	от 50 до 300	от 50 до 300	от 60 до 200
Размер производственного поддона, мм	1070×680×40	1270×500×40	1200×950×50
Продолжительность цикла формования, с	30	30	30
Производительность стенового камня, шт/8 ч	5 600	4 800	8 000
Производительность бордюрного камня, м.п./8 ч	960	960	2 850
Производительность тротуарной плитки, м <sup>2</sup> /8 ч	432	360	640
Установленная мощность комплекса, кВт	35.5	32	78.7
Обслуживающий персонал, человек	6	4	4
Стоимость, руб	9 379 490	7 269 780	15 400 000

ВКА на базе Урал-М6 позволяет изготавливать за одну формовку 2 дорожных бордюра длиной 1 метр, 6 тротуарных бордюров (поребриков), а при изготовлении шлакоблоков выпускать за одну формовку изготавливать шесть стеновых камней в один ряд за один цикл формования, что дает возможность штабелировать готовую продукцию на транспортировочный поддон (паллет) без предварительной перекладки и является главной особенностью Урал-М6 и позволяет данный вибропресс вписать в автоматизированную линию разгрузки продукции. Производительность вибропресса Урал-М6 за 8 часовую рабочую смену составляет 960 погонных метров бордюров, 4800 штук стеновых камней, 360 м<sup>2</sup> тротуарных плиток. Для разгрузки готовой продукции после ее сушки используется линия разгрузки и линия разгрузки поддонов и их складировании, если в этом есть необходимость (простой вибропресса).

Система управления призвана обеспечить работу вибропресса в автоматическом режиме. Она позволяет вносить изменения в параметры процесса формования изделий. [1].

Комплекс формовочный автоматизированный (КФА) на базе Мастек-Атлант является прототипом ВКА. Позволяет изготавливать за одну формовку 2 дорожных бордюра длиной 1 метр, 6 тротуарных бордюров (поребриков), а при изготовлении шлакоблоков выпускать за одну формовку семь камней. Производительность вибропресса Атлант за 8 часовую рабочую смену составляет 960 погонных метров бордюров, 5600 штук стеновых камней, 432 м<sup>2</sup> тротуарных плиток.

В данной автоматическом комплексе реализована линия разгрузки продукции и подачи поддонов снова в вибропресс для изготовления новой партии продукции в замкнутом цикле. [1].

Система управления призвана обеспечить работу вибропресса в автоматическом режиме, а так же управление и контроль за технологическим процессом с помощью сенсорной панели. Панель позволяет вносить изменения в параметры процесса формования изделий.

Вибропрессующий комплекс *Namtas NS-20* представляет собой полуавтоматическую линию. Позволяет выпускать широкий спектр мелкоштучных бетонных изделий, таких как тротуарные плитки, бордюрные камни, шлакоблоки, водостоки, декоративные элементы методом полусухого объёмного вибропрессования. Данная модель способна формировать продукцию на различном сырье, а также производить различные виды бетонных изделий с помощью быстрой смены пуансон-матрицы [4].

Полуавтоматическая система работы линии подразумевает работу 1 или 2 вилочных погрузчиков, один из которых отвозит штабель поддонов со свежееотформованными изделиями на склад выдержки продукции, а другой загружает штабель поддонов в подъемник, который по одному подаёт поддоны в вибропресс. Распалубка технологических поддонов осуществляется порталным роботом пакетировщиком.

Линия оснащается системой автоматизации на основе ПЛК с выводом информации на экран панели управления. Вся электроника производства *Schneider-Electric*, программное обеспечение разработано инженерами-программистами *Namtas*.

Управление линией и контроль над производственным процессом осуществляются с помощью сенсорной панели управления. Программное обеспечение системы обеспечивает работу линии в автоматическом режиме, но при необходимости позволяет быстро переключиться на ручное управление.

Поднимающий штабелёр поддонов со свежееотформованными изделиями располагается в конце линии. Поддоны с тротуарной плиткой штабелируются в 8 рядов. Поддоны со стеновыми блоками в 5 рядов. После заполнения штабелёра цепной транспортёр поддонов подаёт штабель поддонов к концу линии, откуда его забирает вилочный погрузчик и транспортирует на склад выдержки продукции.

Вывод: В сравнении с отечественным и зарубежным комплексом видно что Урал-М6 дешевле чем его зарубежный аналог в 2 раза и является вполне конкурентоспособным на рынке .

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10



## 2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИНИИ РАЗГРУЗКИ ПОДДОНОВ

### 2.1 Вибропрессующий комплекс автоматизированный

Линия «Вибропрессующий комплекс автоматизированный» (далее ВКА) представляет собой конвейер по производству строительной продукции, такой как шлакоблоки, бордюры, тротуарные плитки. План расположения линии представлен на рисунке 2.1.

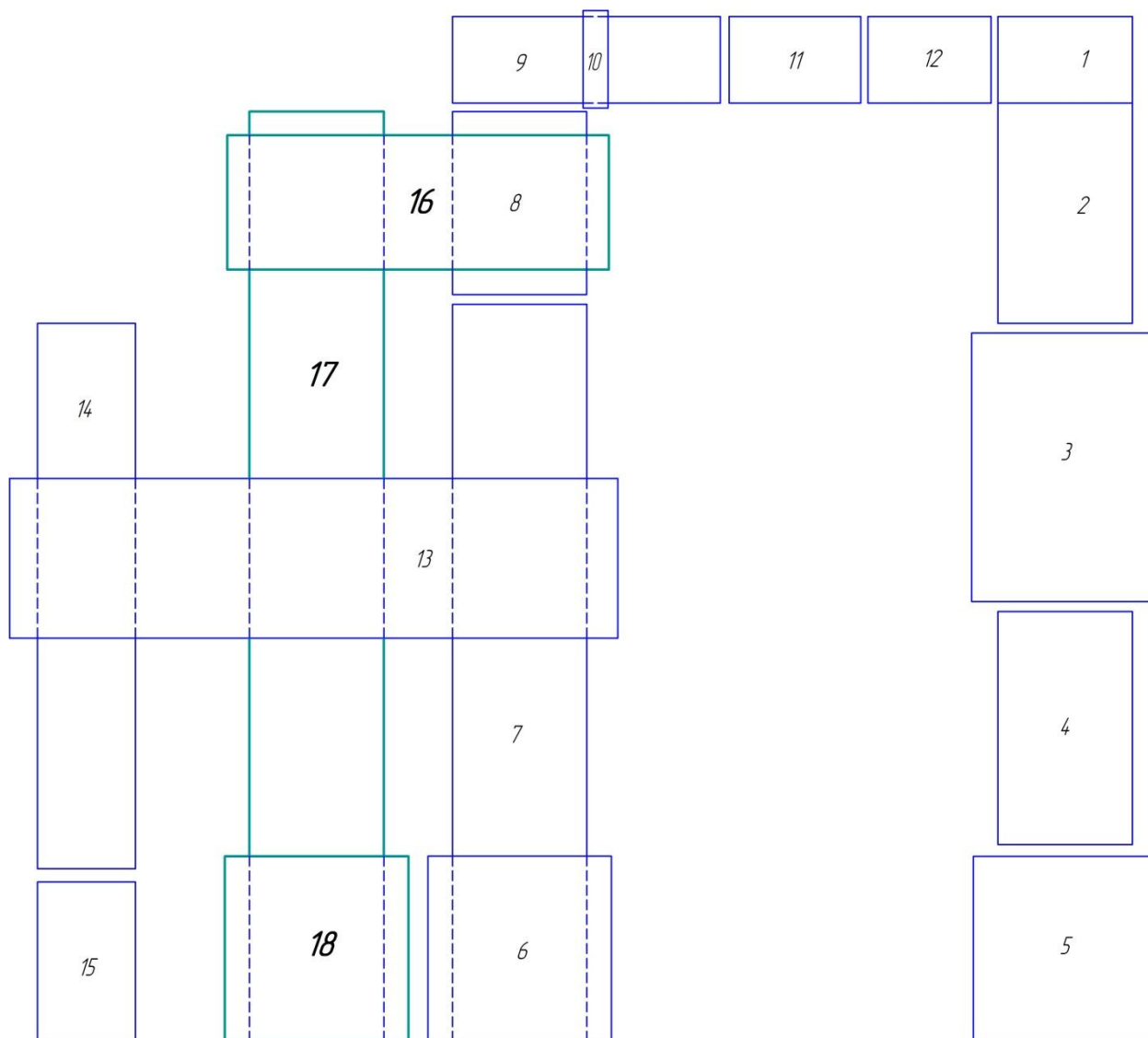


Рисунок 2.1 – План расположения линии ВКА

В накопителе поддонов (1) находятся поддоны, которые подаются гидротолкателем подающего конвейера (2) в вибропресс (3). В зоне формирования вибропресса на поддоне формируется продукция, затем следующий поддон подаётся в вибропресс и выталкивает поддон со

сформированной продукцией на промежуточный цепной конвейер (4) штабелёра загрузки (5).

Поддон со сформированной продукцией попадает в штабелёр загрузки с помощью промежуточного цепного конвейера. Следующий поддон с продукцией также попадает в штабелёр загрузки через промежуточный цепной конвейер. На первом уровне штабелёра формируется первый заполненный уровень, состоящий из двух поддонов. Электропривод штабелёра загрузки поднимает поддоны на уровень выше, тем самым освобождая место для нового уровня продукции.

При заполнении пяти уровней штабелёра загрузки появляется необходимость освобождения заполненного штабелёра от сформированной продукции. При помощи вилочного погрузчика водитель переносит продукцию в пропарочную камеру, где продукция твердеет и становится готовой к отгрузке.

Готовую к отгрузке продукцию водитель погрузчика помещает в штабелёр разгрузки (6), откуда при помощи цепного конвейера штабелёра разгрузки (7) продукция попадает под схват (13).

Готовую к отгрузке продукцию водитель погрузчика помещает в штабелёр разгрузки (6), откуда при помощи цепного конвейера штабелёра разгрузки (7) продукция попадает под схват (13). При освобождении очередного уровня штабелёра разгрузки электропривод опускает уровень продукции. При опустошении всех уровней появляется необходимость погрузки следующей партии продукции в штабелёр разгрузки.

При помощи схвата продукция снимается с поддонов и помещается на место разгрузки готовой продукции конвейера паллет (14). При заполнении паллета конвейер паллет перемещает готовую продукцию на стол поворотный (15), где производится упаковка продукции. Затем пустые поддоны попадают на конвейер промежуточный (8), где гидротолкателем выталкиваются на конвейер чистки (9). Чистка поддонов осуществляется вращающейся щеткой (10). Затем поддон попадает в кантователь поддонов (11), который переворачивает его. Переворот поддонов необходим для предотвращения их сгибания под весом продукции. Кантователь поддонов помещает поддон на промежуточный конвейер ленточный (11), откуда поддон попадает в накопитель поддонов. Цикл повторяется. После того как только паллет будет заполнен продукцией, конвейер паллет перемещает продукцию на поворотный стол (15).

Если по какой-то причине вибропресс не может выпускать продукцию (замена пресс-формы, ремонт и т.д.) а разгрузку готовой продукции осуществлять необходимо, то для этого установлен схват поддонов (16). При переключении на пульту управления, отключается часть линии начиная с конвейера чистки и заканчивая штабелером загрузки и включается линия загрузки поддонов.

При попадании поддонов на конвейер промежуточный (8) схват поддонов (16) перемещает поддоны на конвейер поддонов (17), с помощью конвейера поддоны перемещаются в зону штабелера загрузки поддонов (18). При помощи вилочного погрузчика поддоны снимаются и складываются на стеллажи.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

## 2.2 Принцип работы и состав оборудования линии разгрузки поддонов

Линия разгрузки поддонов состоящая из: схвата поддонов; конвейера подачи поддонов; штабелера и предназначена для складирования поддонов.

Схват линии представляет собой механизм, предназначенный для переноса поддонов на цепной конвейер поддонов; конвейер поддонов предназначен для переноса поддонов в штабелер поддонов; штабелер поддонов предназначен для подъема поддонов на пять уровней по два поддона.

Принцип работы линии разгрузки поддонов заключается в следующем.

Если на пульте управления выбрать режим «РАЗГРУЗКА ПОДДОНОВ», то включается линия разгрузки поддонов, а остальная часть линии отключается.

Схват находится в исходном положении над конвейером промежуточным. Захваты схвата (они же направляющие поддонов) находятся в нижнем положении в зоне промежуточного конвейера. Как только поддоны попадают в зону промежуточного конвейера срабатывает бесконтактный датчик и дает сигнал на работу схвата. Тележка схвата начинает движение при помощи мотор-редуктора. Для того чтобы захваты не столкнулись с промежуточным конвейером, то на начальном этапе тележка перемещается вверх под углом 5 градусов на протяжении 150мм. После чего тележка схвата переходит на ровные рельсы и движется до бесконтактного датчика, после чего происходит переключение мотор-редуктора на малую скорость с помощью частотного преобразователя, тележка в движении спускается под углом 5 градусов на протяжении 150мм пока не дойдет до следующего датчика, который останавливает мотор-редуктор. Поддоны ложатся на цепной конвейер подачи поддонов. На конвейере срабатывает бесконтактный датчик и своим сигналом включает мотор-редуктор конвейера подачи поддонов, который делает шаг и отключается при помощи бесконтактного датчика в тот момент когда поддоны оказываются в зоне штабелера загрузки поддонов. При перемещении поддонов конвейером поддоны проходят через датчик включения схвата поддонов в исходное положение. Схват возвращается по аналогичному принципу. После того как конвейер подачи поддонов остановился и поддоны находятся в штабелере включается датчик разрешения включения мотор-редуктора штабелера вверх. Штабелер делает шаг до датчика шага штабелера, мотор-редуктор отключается. Происходит поднятие штабелера на один уровень. Далее цикл повторяется, пока штабелер не наберет 5 уровней. Как только верхние поддоны доходят до оптического датчика вся линия останавливается (включая конвейер разгрузки продукции и штабелера разгрузки) в режим «СТОП». После того как поддоны освобождаются из штабелера, оператор на пульте управления нажимает кнопку «ПУСК» цикл повторяется.

Вывод: Проанализирован технологический процесс ВКА. Изучая принцип работы ВКА, при внедрении линий разгрузки изделия и поддонов численность рабочих сокращается и производительность прессы увеличивается.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

### 3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

На основе указанного технологического процесса составлена функциональная схема системы автоматического управления линии разгрузки поддонов, которая представлена на рисунке 3.1.

Автоматическое управление линии разгрузки поддонов, как и всем технологическим комплексом, осуществляется контроллером, работающим в соответствии с заданной программой выпуска продукции. В качестве контроллера использован промышленный логический контроллер *CLICK C0-00DD1-D*.

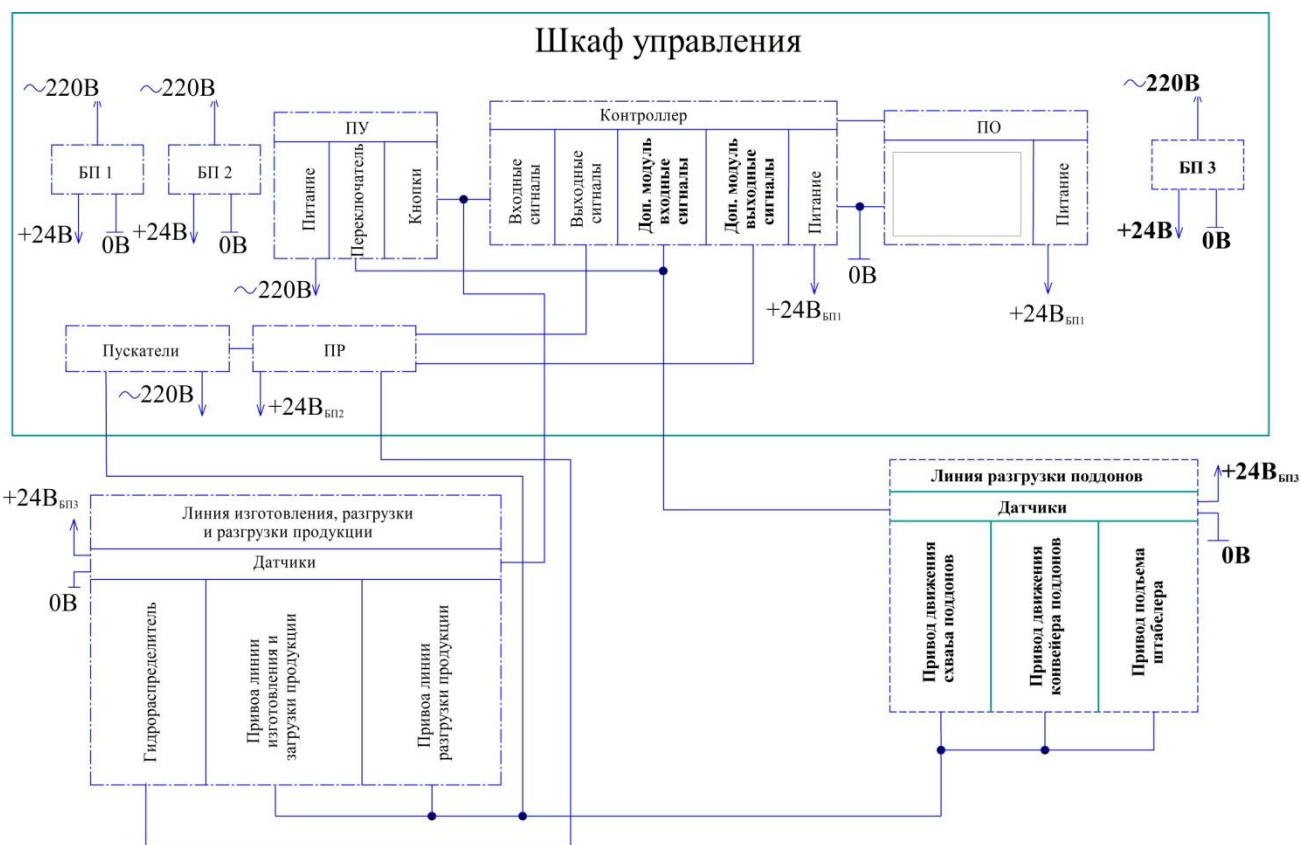


Рисунок 3.1 – Схема электрическая функциональная линии разгрузки поддонов

В качестве датчиков применены бесконтактные индуктивные датчики. В качестве исполнительных механизмов используются трёхфазные асинхронные двигатели.

Датчики, промежуточные реле (ПР) и электромагнитные клапаны гидрораспределителя питаются от блока питания 2 (БП2). Панель оператора (ПО) и контроллер питаются от блока питания 1 (БП1).

Исполнительные механизмы управляются контроллером через промежуточные реле и пускатели.

На пульте управления (ПУ) имеются кнопки «Пуск», «Пауза», «Стоп», «Аварийный стоп», переключатель «Разгрузка поддонов», панель оператора на

которой изображается вся работа линии, а также индикация сигнализирующая о предаварийных, аварийных ситуациях и нормальном режиме работы.

Панель оператора (ПО) служит для отображения информации о состоянии линии, а также для контроля и управления технологическим процессом.

Вывод: Разработанная функциональная схема ВКА предусматривает 2 дополнительных модулей расширения к контроллеру вибропрессующего комплекс. В комплекте поставки данное оборудование можно рассматривать как дополнительную опцию.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

## 4 РАСЧЕТ НАГРУЗОК ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

4.1 Расчёт активной нагрузки для приводов, тележки схвата разгрузки поддонов, конвейера поддонов и штабелера поддонов.

Для дальнейших расчетов в таблице 4.1 представлены некоторые технической характеристики схвата разгрузки поддонов.

Таблица 4.1 - Исходные данные

Наименование технологического показателя	Обозначение	Размерность	Значение
Масса тележки	$m_T$	кг	100
Масса поддонов	$m_{\Pi}$	кг	30
Длина перемещения тележки	$L$	м	2
Диаметр приводных колёс тележки	$D_K$	м	0,080
Коэффициент трения	$f$	–	0,1
Угол рельсового пути	$\gamma$	Гр.	5
КПД механизма	$\eta$	–	0,6

Передаточное число редуктора определяется по угловой скорости вращения двигателя  $\omega_n$  и угловой выходной скорости редуктора  $\omega_v$ .

Угловая скорость вращения электродвигателя тележки схвата поддонов определяется по формуле:

$$\omega_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_n}{60},$$

(1.1)

где,  $n_n$  – номинальная скорость вращения электродвигателя тележки схвата об/мин.

$$\omega_n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1400}{60} = 146,5 \text{ рад/с}$$

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_p}{60} \cdot R,$$

где  $n_p$  – обороты на выходном валу редуктора, об/мин;

$R$  – радиус приводных колес тележки.

$$V = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 19,6}{60} \cdot 0,04 = 0,5 \text{ м/с},$$

Угловая выходная скорость редуктора определяется по формуле:

$$\omega_{\text{в}} = \frac{V}{R}, \quad (1.2)$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{0,5}{0,04} = 12,5 \text{ рад/с}$$

Передаточное отношение:

$$i = \frac{\omega_{\text{н}}}{\omega_{\text{в}}}, \quad (1.3)$$

$$i = \frac{146}{12,5} = 11,7$$

Исходя из требуемого значения  $i$ , номинальной мощности и скорости вращения двигателя по для электропривода тележки схвата подходит червячный мотор-редуктор типа *NMRV 063-10-45*. Технические характеристики выбранного редуктора представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Технические характеристики мотор-редуктора *NMRV 063-10-45*

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Значение
Передаточное число редуктора	$i$	–	10
КПД редуктора	$\eta_{\text{р}}$	–	0,82
Обороты на выходе	$n_{\text{вых}}$	Об/мин	140

#### 4.2 Расчет мощности электродвигателя

Сила действующая на тележку схвата  $F$ , Н рассчитывается по формуле:

$$F = \sum mg \cdot \sin(\gamma) + \sum mg \cdot f_{\text{тр}}, \quad (1.4)$$

$$\sum m = m_{\text{т}} + m_{\text{п}} \quad (1.5)$$

где,  $g$  - ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$

$$\sum m = 100 + 30 = 130 \text{ кг}$$

$$F = 130 \cdot 9,81 \cdot \sin(5^\circ) + 130 \cdot 9,81 \cdot 0,1 = 239 \text{ Н}$$

Мощность электродвигателя  $P$ , Вт находится по следующей формуле:

$$P = \frac{V \cdot F}{\eta}, \quad (1.6)$$

$$P = \frac{0,5 \cdot 239}{0,6} = 200 \text{ Вт}$$

Под рассчитанную мощность подходит асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа АИР 63А4.

Технические характеристики электродвигателя типа АИР 63А4 представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Технические характеристики электродвигателя

Наименование параметра	Значение
Мощность, кВт	0,25
Номинальная частота вращения, об/мин	1400
КПД	0,65
$\cos\varphi$	0,74
$M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$	2,2
$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	2,1
Момент инерции ротора $J_{\text{дв}}$ , кг·м <sup>2</sup>	0,0056
Масса двигателя $Q$ , кг	5

4.3 Расчет динамического и статического момента на валу электродвигателя.

Номинальный момент электродвигателя тележки схвата находится по формуле:

$$M_n = \frac{P}{\omega_n}, \quad (1.7)$$

$$M_n = \frac{250}{146,5} = 1,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$



Суммарный момент инерции электропривода тележки схвата, вычисляется по формуле:

$$J_{\Sigma} = J_{\text{дв}} + J_t \quad (1.8)$$

где,  $J_t$  – момент инерции тел

$J_{\text{дв}}$  – момент инерции ротора двигателя (таблица 4.3)

Момент инерции тел находится по формуле:

$$J_t = (m_r + m_{\text{п}}) \cdot R_k^2 \quad (1.9)$$

где,  $R_k$  – радиус колеса тележки схвата.

$$J_t = (100 + 30) \cdot 0,04^2 = 0,208 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_{\Sigma} = 0,0056 + 0,208 = 0,213 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Динамический момент на валу электродвигателя:

$$M_{\text{дн}} = J_{\Sigma} \cdot \frac{2 \cdot a}{D}, \quad (1.10)$$

где,  $a$  – ускорение, равное  $0,035 \text{ м/с}^2$ .

$$M_{\text{дн}} = 0,213 \cdot \frac{2 \cdot 0,035}{0,08} = 0,18 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент силы исполнительного органа:

$$M_{\text{ию}} = F \cdot R \quad (1.11)$$

$$M_{\text{ию}} = 240 \cdot 0,04 = 9,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Статический момент электродвигателя находится по формуле:

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M_c = \frac{M_{ю}}{\eta \cdot i} \quad (1.12)$$

$$M_c = \frac{9,6}{0,65 \cdot 10} = 1,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Суммарный момент рабочей машины:

$$M_{\text{сум}} = M_c + M_{\text{дн}} \quad (1.13)$$

$$M_{\text{сум}} = 1,5 + 0,18 = 1,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Далее определяется среднеквадратичный момент, должно выполняться условие  $M_{\text{ср.кв}} \leq M_H$ :

$$M_{\text{ср.кв}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m M_k^2 \cdot t_k}{\sum_{k=1}^m t_k}} \quad (1.14)$$

$$M_{\text{ср.кв}} = \sqrt{\frac{1,68^2 \cdot 1 + 1,5^2 \cdot 5 + 1,32^2 \cdot 1}{1 + 5 + 1}} = 1,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

График зависимости частоты и момента от времени работы схвата разгрузки поддонов представлены на рисунке 4.1.

Расчёты активной нагрузки для приводов конвейера подачи поддонов, штабелера поддонов представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расчёт активной нагрузки для приводов конвейера подачи поддонов, штабелера поддонов.

Наименование	Формула	Конвейер подачи поддонов	Штабелер поддонов
Частота вращения ротора двигателя $\omega_H$ , рад/с	$\omega_H = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_H}{60}$	104,6	146,5
Линейная скорость $V$ , м/с	$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_p \cdot R}{60}$	0,3	0,05



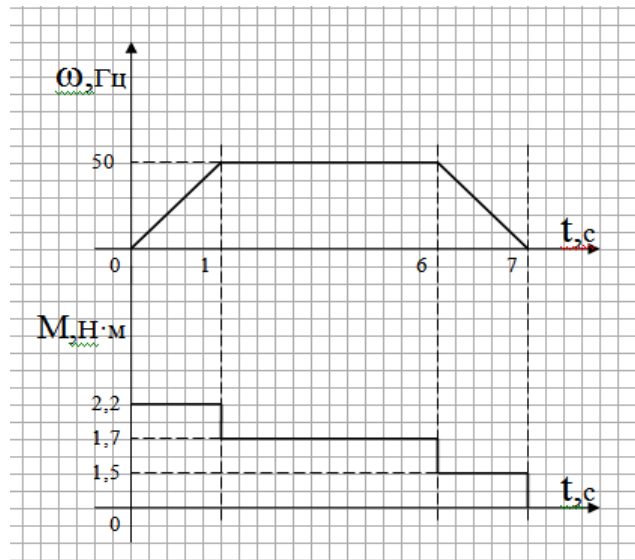


Рисунок 4.1 – График зависимости частоты и момента от времени работы схвата разгрузки поддонов

Вывод: Выполнен расчёт мощности электродвигателей тележки схвата поддонов, конвейера подачи поддонов и штабелера загрузки поддонов. Установка электродвигателей осуществляется с 20% запасом мощности.

## 5 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

### 5.1 Выбор частотного преобразователя.

Частотный преобразователь применяется с асинхронным двигателем, преобразуя в автоматическом режиме частоту переменного тока к требуемым параметрам. Таким образом прибор контролирует скорость и момент электродвигателей в непрерывном процессе.

В соответствии с ТЗ мощность преобразователя частоты должна превышать мощность электродвигателя на 20%. Тогда  $P_{пч} \geq 0,25 \text{ кВт} \cdot 1,2 = 0,3 \text{ кВт}$ .

Выбирается преобразователь частоты мощностью  $\geq 0,3 \text{ кВт}$

На основе вышеизложенных требований к преобразователю, был выбран преобразователь частоты серии Altivar, модель ATV320, выпускаемого фирмой «Schneider Electric». Некоторые технические данные преобразователя приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технические данные преобразователя частоты Altivar ATV320

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальная мощность, кВт	0,37
Номинальная мощность двигателя, кВт	0,25
Выходной ток нагрузки, А	1,5
Напряжение питания, В	380 – 500
Ток перегрузки, А	2,3 в течение 60с
Масса, кг	2,5

Схема подключения электродвигателя к частотному преобразователю представлена на рисунке 5.1.

Характеристики и назначение клемм управления представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Характеристики и назначение клемм управления.

Клемма	Назначение	Электрические характеристики
R1A R1B R1C	Релейный выход с переключающим контактом (R1C) программируемого реле R1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мин. переключающая способность: 10 мА для 5 В пост. тока</li> <li>• Макс. переключающая способность при активной нагрузке (<math>\cos \phi = 1</math> и <math>L/R = 0</math> мс): 5 А для 250 В пер. тока или 30 В пост. тока</li> <li>• Макс. переключающая способность при индуктивной нагрузке (<math>\cos \phi = 0,4</math> и <math>L/R = 7</math> мс): 1,5 А для 250 В пер. тока или 30 В пост. тока</li> </ul>
R2A R2C	Программируемое реле R2 с НО контактом	
COM	Общий вывод аналоговых входо-выходов	0 В









Окончание таблицы 5.3

Общие характеристики	
омехоустойчивость (Noise Immunity)	Удовлетворяет требованиям NEMA ICS3-304 Импульсные помехи 1мкс, 1000 В. EN61000-4-2 (ESD) EN61000-4-3 (RFI) EN61000-4-4 (FTB) EN61000-4-5 (Surge) EN61000-4-6 (Conducted) EN61000-4-8 (Power frequency magnetic field immunity) RF: нет интерференции измеренной при 150,450 МГц (5 Вт/15см)

Общие характеристики модулей ЦПУ представлены в таблице 4.4.

Таблица 5.4 – Общие характеристики модулей ЦПУ

Характеристика	Значение характеристики
Способ выполнения команд программы	Циклический
Система адресации ввода/вывода	Фиксированная десятичная
Объём памяти команд (шагов)	8000
Общий объём памяти переменных (слов)	8000
Время выполнения команды, мкс	менее 0,6
Типичное время цикла, мс	от 1 до 2
Язык релейной логики	Да
Редактирование в режиме работы	нет
Пакет программ под <i>Windows</i>	Да
Встроенные порты	Два RS-232 порта
<i>FLASH</i> -память	Встроенная в ЦПУ
Число команд	21
Реле управления – <i>C</i>	2000
Системные реле – <i>SC</i>	1000
Таймеры	500
Счётчики	250
Прерывания	Да (внешние:8, по времени:4)
Циклы <i>For/Next</i>	Да
Математика (Целые и Нех числа)	Да
Барабанный командоаппарат	Да
Диагностика	Да
Защита паролем	Да
Архив ошибок	Да
Поддержка памяти	Суперконденсатор

### 5.3 Выбор датчиков

Датчики положения служат для определения положения поддонов, узлов, агрегатов комплекса. Выбор датчика производится по номинальному напряжению и рабочему зазору. Номинальное напряжение составляет 24 В, рабочий зазор – 8 мм. В качестве датчиков положения применены бесконтактные индуктивные датчики *ISN EF41A-31P-8-LZ*.

Индуктивный датчик *ISN EF41A-31P-8-LZ* при приближении к чувствительной поверхности датчика объекта воздействия из любого металла происходит демпфирование электромагнитного поля и датчик включает электрическую цепь исполнительного устройства. [11].

Технические характеристики датчика приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Технические характеристики датчика *ISB A8A-31P-10-L*

Характеристика	Значение характеристики
Формат, мм	M18×1×85
Способ установки в металл	Невстраиваемый
Номинальный зазор (сталь35), мм	8
Рабочий зазор (сталь35), мм	от 0 до 6,4
Напряжение питания, $U_{\text{раб}}$ , В	от 10 до 30 DC
Рабочий ток, $I_{\text{раб}}$ , мА	$\leq 250$
Частота переключения, Гц	300
Диапазон рабочих температур, °С	От -25 до +75
Комплексная защита	Есть
Индикация срабатывания	Есть
Материал корпуса	Д16Т
Присоединение	Кабель 3×0,34 мм <sup>2</sup>
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP67
Коэффициент пульсаций питающего напряжения, %	$\leq 15$

### 5.3 Разработка принципиальной схемы

Электрическая схема принципиальная линии разгрузки поддонов ВКА представлена в графической части 13.03.02.2018.117.00.00 ЭЗ.

Входные сигналы контроллера для линии разгрузки поддонов представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Входные сигналы контроллера для линии разгрузки поддонов.

№	Наименование	Поз. Обозн.	Порт	Состояние		Тип
				1	0	
Слот расширения №2						

1	Поддоны на конвейере промежуточном	SQ24	X214	Да	Нет	Дискретный
Слот расширения №3						
2	Тепловая защита двигателя схвата поддонов	–	X2	Вкл.	Откл.	Дискретный
3	Тепловая защита двигателя конвейера поддонов	–	X309	Вкл.	Откл.	Дискретный
4	Тепловая защита двигателя штабелера поддонов	–	X310	Вкл.	Откл.	Дискретный
5	Схват поддонов в исходном	SQ32	X311	Да	Нет	Дискретный
6	Схват над конвейером промежуточным	SQ33	X312	Да	Нет	Дискретный
Слот расширения №7						
7	Схват над конвейером подачи поддонов	SQ34	X701	Да	Нет	Дискретный
8	Тележка схвата поддонов в исходном (левый край)	SQ35	X702	Да	Нет	Дискретный
9	Поддоны на конвейере подачи поддонов	SQ36	X703	Да	Нет	Дискретный
10	Разрешение движение схвата поддонов в исходное	SQ38	X705	Да	Нет	Дискретный
11	Поддоны в штабелере	SQ39	X706	Да	Нет	Дискретный
12	Шаг штабелера поддонов	SQ40	X707	Да	Нет	Дискретный
13	Штабелер поддонов полный	SQ41	X708	Да	Нет	Дискретный
14	Переключатель разгрузки поддонов	SA2	X709	Да	Нет	Дискретный
15	Пуск линии разгрузки поддонов	SB9	X710	Да	Нет	Дискретный
16	Пауза линии разгрузки поддонов	SB10	X711	Да	Нет	Дискретный
17	Стоп линии разгрузки поддонов	SB11	X712	Да	Нет	Дискретный

Выходные сигналы контроллера для линии разгрузки поддонов представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Выходные сигналы контроллера для линии разгрузки поддонов

№	Наименование	Поз. Обоз н.	Порт	Состояние		Тип
				1	0	
Слот расширения №5						
1	Конвейер разгрузки изделия	K32	Y506	Да	Нет	Дискретный
Слот расширения №6						
2	Движение тележки схвата поддонов	UZ1	Y602	Да	Нет	Дискретный
3	Скорость тележки схвата поддонов	UZ2	Y603	Да	Нет	Дискретный
	Останов тележки схвата поддонов	UZ1	Y602	Да	Нет	Дискретный
4	Возврат тележки схвата поддонов в исходное	UZ3	Y604	Да	Нет	Дискретный
5	Движение конвейера подачи поддонов в штабелер	K42	Y605	Да	Нет	Дискретный
6	Движение штабелера поддонов вверх	K43	Y606	Да	Нет	Дискретный
7	Авария	HL4	Y607	Да	Нет	Дискретный
8	Предупреждение	HL3	Y608	Да	Нет	Дискретный
9	Работа	HL2	Y609	Да	Нет	Дискретный

Управление линией осуществляется контроллером *CLICK C0-00DD1-D*.

Питание контроллера и панели оператора осуществляется блоком питания А1, питание промежуточных реле К20-К25 и датчиков – блоком питания А2.

Для защиты силовой части электрической схемы применяется автоматический выключатель QF1. Для защиты схемы управления применяется автоматический выключатель QF2. Для защиты электродвигателей от перегрева применяются тепловое реле КК 13, КК14. Защита цепи +24 В от токов короткого замыкания осуществляется блоком питания А1 и блоком питания А2.

Блоки питания А1-А2 преобразует переменное напряжение ~220 В в напряжение +24 В. Сигналы с датчиков *ISN EF41A-31P-8-LZ* поступают на дискретные входы контроллера *CLICK C0-00DD1-D*.

На выходах контроллера формируется сигнал, вследствие чего происходит подача сигнала на соответствующее промежуточное реле (К15-К34). В свою очередь реле замыканием свои контактов подаёт напряжение на пускатель, который в свою очередь включает цепь электродвигателя. Прекращение сигнала с выхода контроллера размыкает промежуточное реле и цепь электродвигателя обесточивается.

Кнопка аварийного стопа *SB1* блокирует работу системы автоматики и размыкает цепь ~220 В. Кнопка *SB9* является кнопкой пуска цикла, кнопка *SB10*

пауза цикла, кнопка SB11 стоп цикла и переключатель SA2 переход в режим разгрузки поддонов.

Выводы: Выбрано оборудование линии разгрузки поддонов ВФКА, соответствующее требуемым параметрам.

Монтаж контроллера, блоков питания, электрической аппаратуры осуществляется внутри шкафа управления, монтаж панели оператора врезается в шкаф управления, монтаж датчиков осуществляется на линии на специальных кронштейнах. Разработанная схема соответствует [14]. Степень защиты оборудования IP67, так как в воздухе помещения присутствует пыль, диапазон рабочих температур от 0 до 40 °С.

Управление 9 выходных команд линии разгрузки поддонов обеспечивается на основе 17 дискретных входных сигналов.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ

Алгоритм работы линии разгрузки поддонов представлен на рисунке 6.1

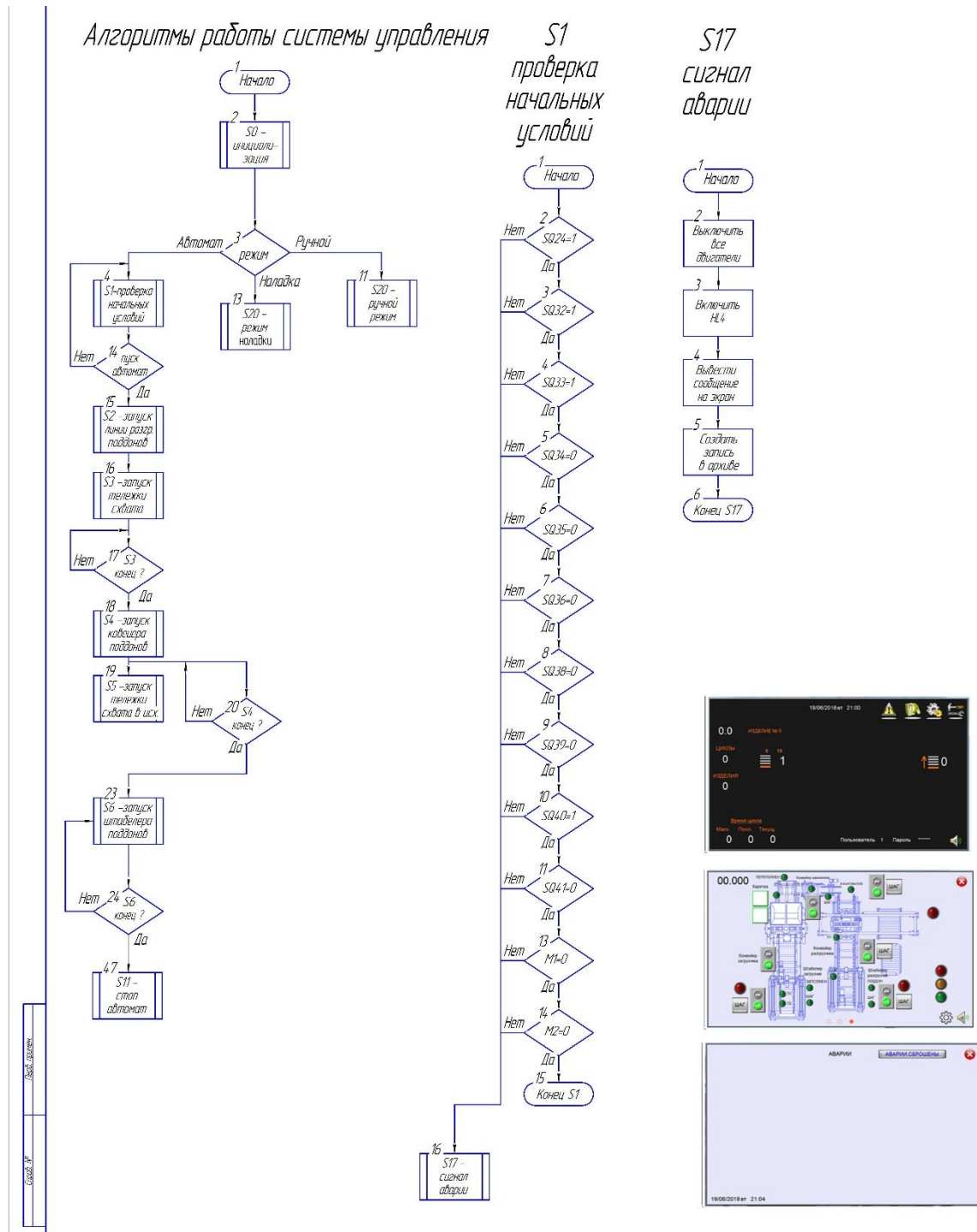


Рисунок 6.1 – Алгоритм работы линии.

После включения системы автоматики происходит опрос входных сигналов, отслеживание аварийных ситуаций. Затем оператору предоставляется выбор режима: автоматический или ручной. Если необходимо осуществить разгрузку

поддонов, то оператор также может переключается в автоматический режим разгрузки поддонов. Работа в автоматическом режиме требует составления логических уравнений работы исполнительных механизмов, что и является математическим описанием.

При разработке математического описания использованы обозначения входных и выходных сигналов, представленные в таблицах 5.6 и 5.7 соответственно.

Расположение датчиков на линии разгрузки поддонов представлена на рисунке 6.1

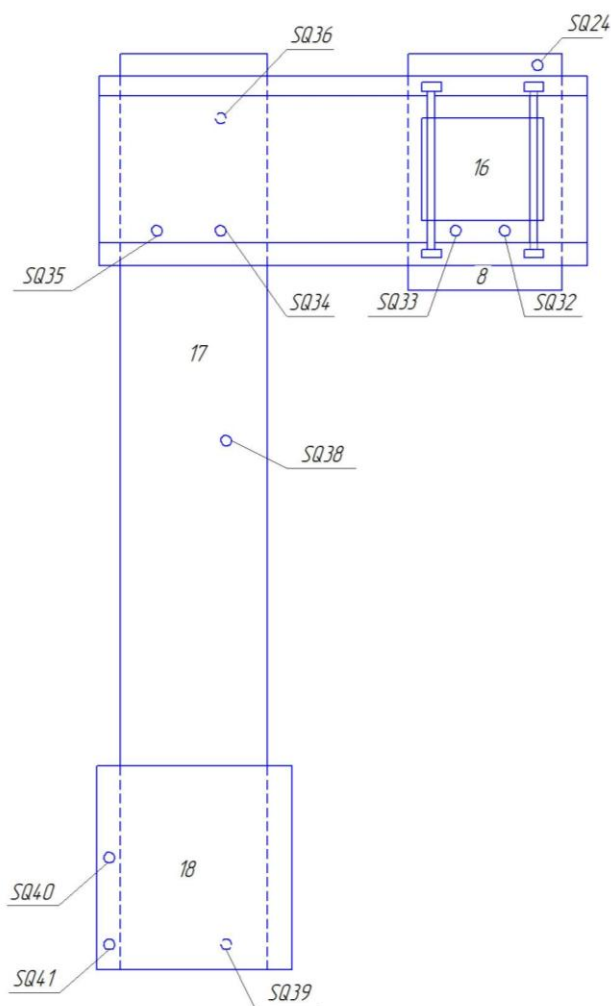


Рисунок 6.1 – Расположение датчиков на линии разгрузки поддонов.

При переключении переключателя SA2 «РАЗГРУЗКА ПОДДОНОВ» линия переходит в автоматический режим разгрузки поддонов. При нажатии кнопки SB4 «ПУСК ЦИКЛА» линия разгрузки запускается. При нажатии кнопки «ПАУЗА» линия встает в режим пауза, после того как завершится работа любого из исполнительного органа.

Продолжение цикла разгрузки осуществляется нажатием кнопки «ПУСК ЦИКЛА».

Останов цикла формовки осуществляется нажатием кнопки «СТОП ЦИКЛА». После того как будет полностью закончен цикл разгрузки изделия, и

поддонов и исполнительные органы перейдут в исходное положение. Мгновенный останов цикла разгрузки возможен только по нажатию кнопки «АВАРИЙНЫЙ СТОП».

Поддоны подаются на промежуточный конвейер при помощи конвейера разгрузки изделия (выходной порт Y506). При наличии поддонов на конвейере промежуточном датчик SQ24 (Поддон на толкателе гидроразгрузчика) подает сигнал на порт X214, автоматикой подается сигнал на порт Y602 (с задержкой времени 1с.) (Движение тележки схвата поддонов). При этом схват поддонов должен находиться на датчике SQ32 (Схват поддонов в исходном) (входной порт X311) и SQ33 (Скорость тележки схвата) (входной порт X312). Включается мотор-редуктор тележки схвата питающийся от частотного преобразователя, поддоны двигаются вверх и в сторону одновременно. Тележка схвата сходит с датчика SQ32 (Схват поддонов в исходном), сигнал на Y506 (Конвейер разгрузки изделия) не будет подан пока не работает датчик SQ32.

Циклограмма работы конвейера разгрузки изделия и тележки схвата поддонов представлена на рисунке 6.2.

Уравнение для порта Y602:

$$Y602 = (X214 \cdot X311 \cdot X312 \cdot \overline{Y506} + Y602) \cdot \overline{X701} \cdot X702$$

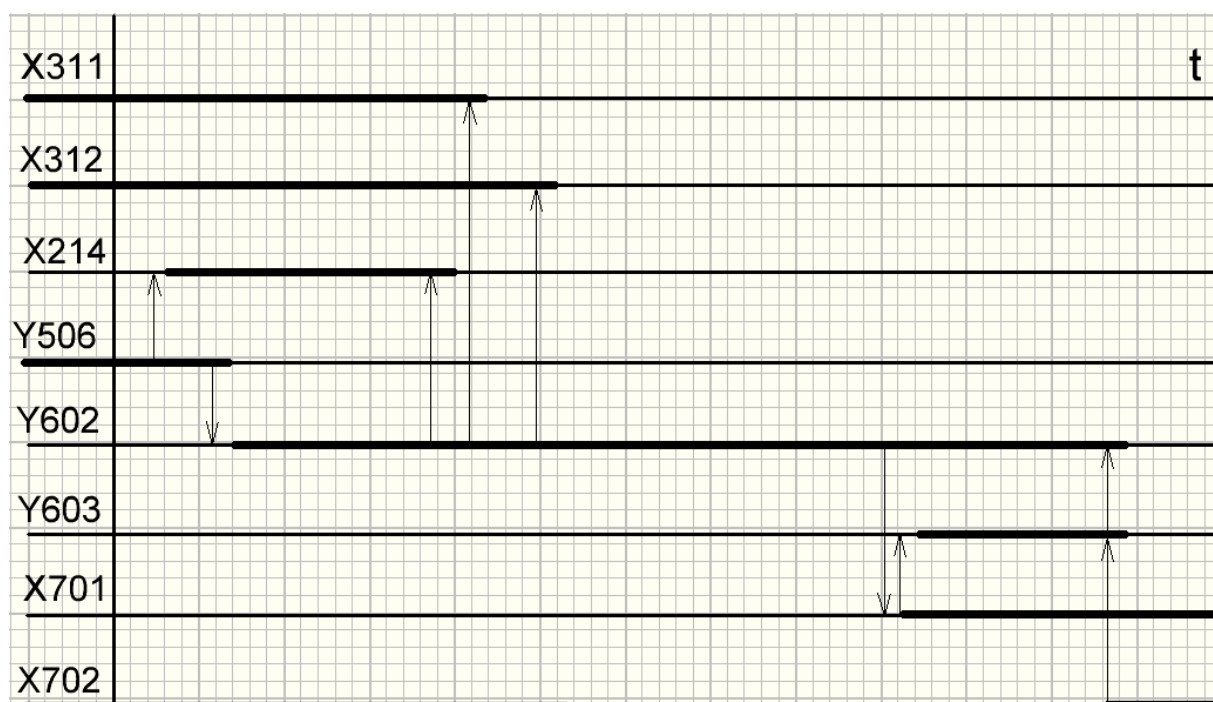


Рисунок 6.2 – Циклограмма работы конвейера разгрузки изделия и тележки схвата поддонов.

Тележка схвата поддонов доходит до датчика SQ34, подается сигнал на порт X701 (Схват над конвейером подачи поддонов), тем самым подается сигнал на порт Y603 (Скорость тележки схвата), переход тележки на малую скорость при помощи частотного преобразователя. После этого тележка схвата подходит к датчику SQ35 (Тележка схвата поддонов в исходном левый край), подается сигнал



на порт X702 (Останов привода тележки схвата), с порта Y603 сигнал пропадает и тележка схвата поддонов останавливается.

Уравнение для Y603:

$$Y603 = (\overline{X312} \cdot \overline{X311} \cdot X701 + Y603) \cdot \overline{X702}$$

Поддоны легли на датчик SQ36 (Конвейер подачи поддонов), подается сигнал на порт X703, тем самым подается сигнал на порт Y605 (Движение конвейера подачи поддонов в штабелер) (с задержкой времени 1с.). Электропривод конвейера включается, поддоны двигаются в зону штабелера.

Как только поддоны выходят из зоны схвата поддонов, срабатывает датчик SQ38 (Разрешение движения схвата поддонов в исходное), подается сигнал на порт X705, выходит сигнал с порта Y604, включается привод тележки схвата поддонов, схват возвращается в исходное положение до датчика SQ37 (Тележка схвата над конвейером промежуточным), подается сигнал на порт X312, с порта Y603 (Скорость тележки схвата) подается сигнал на преобразователь частоты, тележка схвата переключается на малую скорость. После чего тележка доходит до датчика SQ32 (Тележка схвата в исходном), подается сигнал на порт X311, с портов Y603 и Y604 пропадает сигнал, тележка схвата останавливается.

Циклограмма работы тележки схвата поддонов и конвейера подачи поддонов представлена на рисунке 6.3.

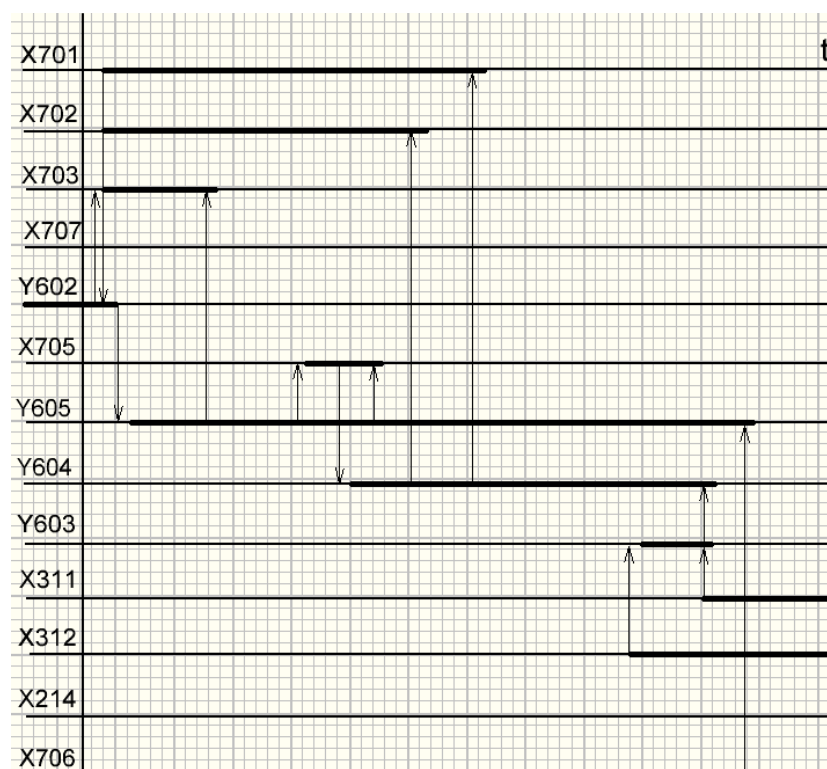


Рисунок 6.3 – Циклограмма работы тележки схвата поддонов и конвейера подачи поддонов.

Когда поддоны доходят до датчика с порта Y605 подается сигнал, конвейер разгрузки поддонов останавливается и появляется сигнал на порте Y606, начинается движение штабелера вверх на шаг, доходя до датчика шага штабелера SQ40, подается сигнал на порт X707, с порта Y606 сигнал пропадает, штабелер прекращает движение. Цикл повторяется как только штабелер накопит поддоны в пять уровней. Самый верхний уровень доходит до датчика SQ41 (Штабелер поддонов полный), подается сигнал на порт X708 с порта Y606 сигнал пропадает, штабелер также прекращает движение, а также останавливается вся линия разгрузки поддонов.

Циклограмма для работы конвейера подачи поддонов и штабелера поддонов представлена на рисунке 6.4.

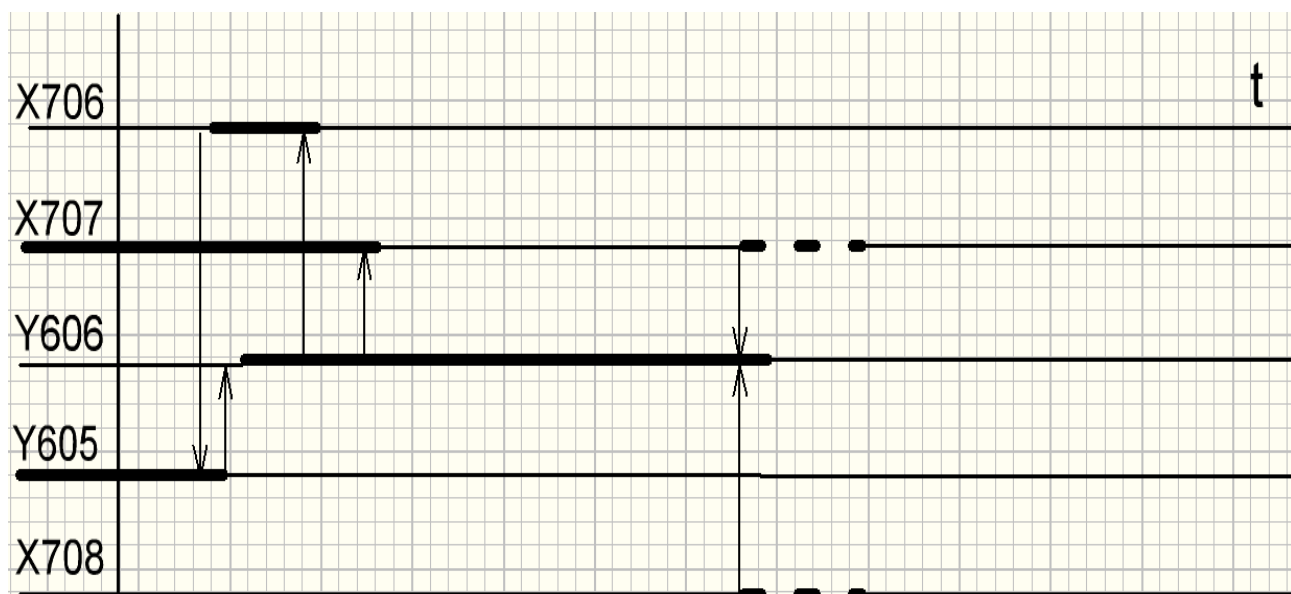


Рисунок 6.4 – Циклограмма для работы конвейера подачи поддонов и штабелера поддонов.

Уравнение для Y606:

$$Y606 = X706 \cdot X707 \cdot \overline{Y605} + Y606 \cdot \overline{X707} + \overline{X708}$$

Как только поддоны из штабелера разгружаются при помощи автопогрузчика, оператор нажимает кнопку «ПУСК» и цикл повторяется.

На основе полученного математического описания реализована программа управления линией разгрузки поддонов. Программа создана в программном обеспечении CLICK (C0-PGMSW) на языке релейно-контакторной логики.

Программа, отвечающая за управление приводами линии разгрузки поддонов представлен на рисунке 6.5.

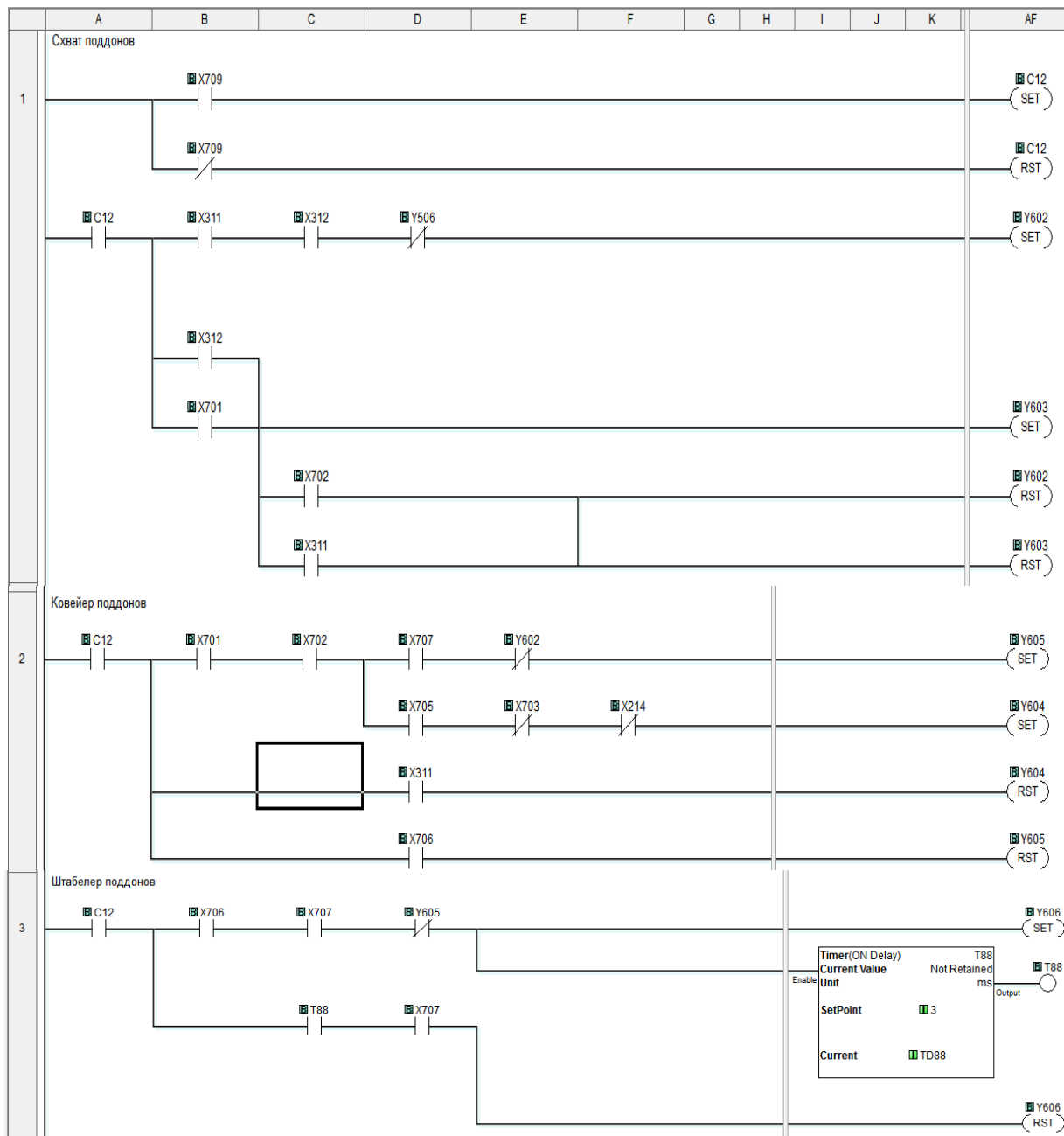


Рисунок 6.5 – Программа отвечающая за управление приводами линии разгрузки поддонов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ

Лист

37

## 7 МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ VISSIM

При проектировании программных систем высокой сложности и ответственности основным является этап создания функциональной модели. Исследуя модель можно прогнозировать поведение проектируемой программной системы, ее функциональные возможности. Тем самым моделирование позволяет понизить время и прочие затраты на пуско – наладочные работы, за счет сокращения времени на имитацию технологического процесса и возможности отработки без излишних материальных затрат на брак продукции. Моделирование произведено в программе VisSim.

VisSim – приложение ОС Windows, предназначенное для моделирования во времени процессов, правил развития, взаимосвязи промежуточных величин, начальные условия которых задаются перед началом симуляции в удобной и наглядной форме – в виде структурной схемы. Работа VisSim основана на пошаговом решении уравнения, в общем случае описывающих моделируемые процессы.

Для проверки расчетов и выводов о необходимости замены двигателей на линии разгрузки, была построена математическая модель циклограммы тележки схвата и конвейера.

Модель циклограммы работы схвата и конвейера представлена на рисунке 7.1

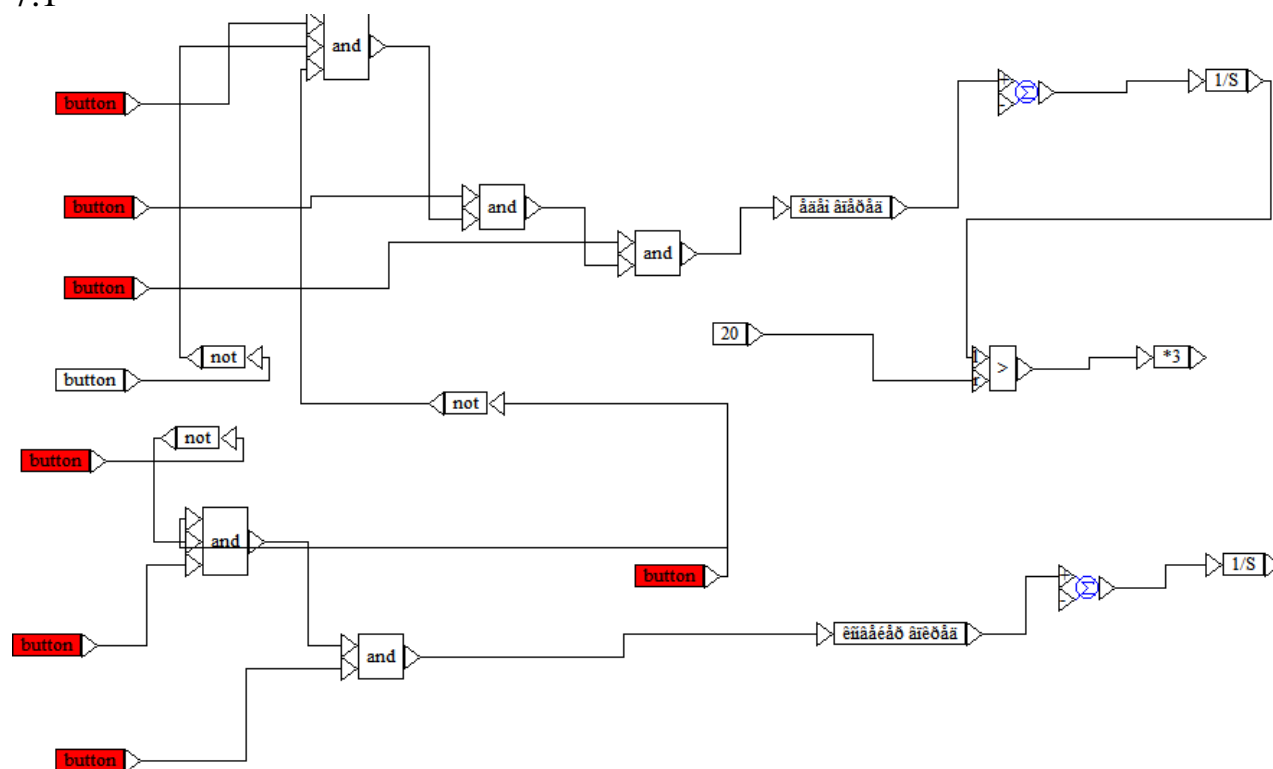


Рисунок 7.1 – Модель циклограммы работы схвата и конвейера.

В результате моделирования были получены графики переходных процессов трения с нагрузкой.

График переходных процессов представлен на рисунке 7.2

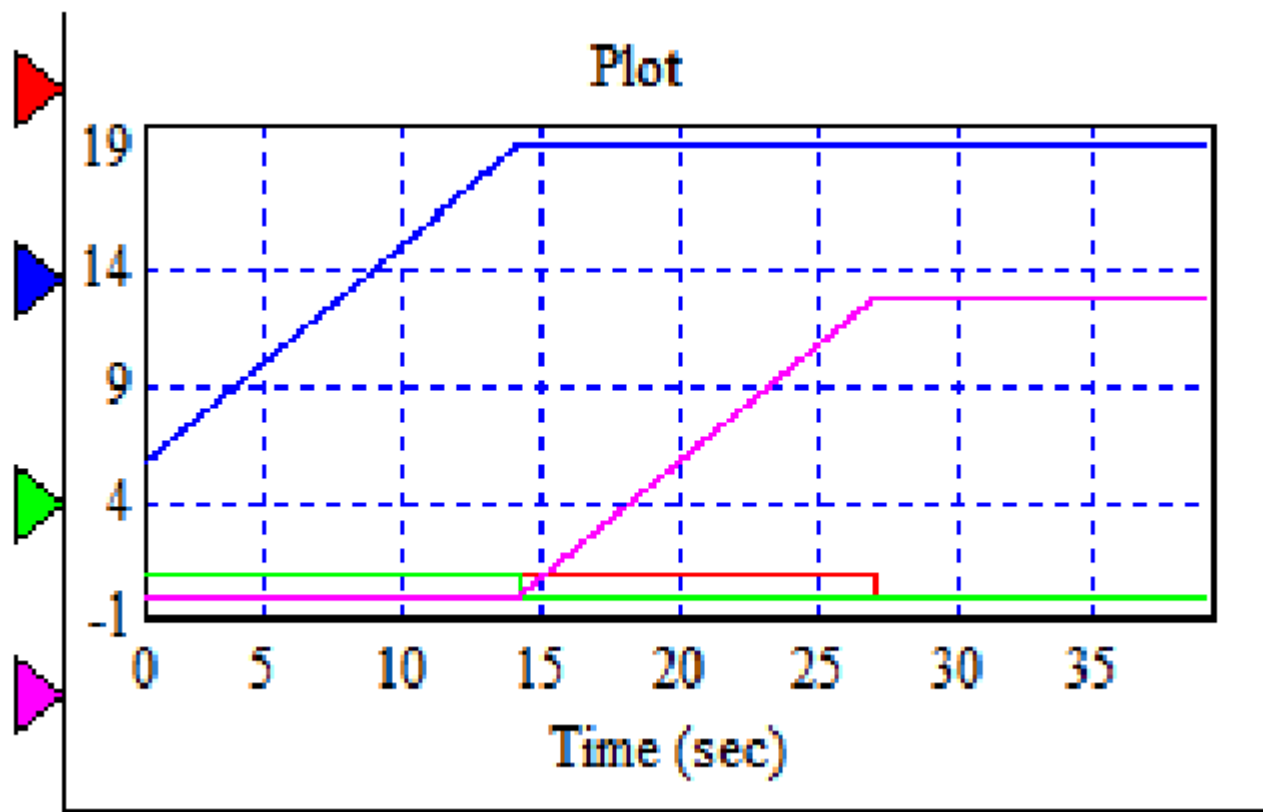


Рисунок 7.2 – график переходного процесса движения схвата и конвейера

Вывод: Циклограмма тележки схвата поддонов реализована в программе VISSIM.

## 8 ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Для оценки себестоимости электрооборудования (линии разгрузки поддонов) необходимо определить некоторую сумму затраченную предприятием на приобретение материала (комплектующих), заработную плату сотрудников и т.д..

Себестоимость  $S_{л}$  электрооборудования для линии разгрузки поддонов можно определить по формуле:

$$S_{л} = Z_{к} + Z_{з.п.} + Z_{пр.}, \text{ руб.} \quad (7.1)$$

где  $Z_{к}$  – затраты на используемые комплектующие, руб./шт.;

$Z_{з.п.}$  – затраты на заработную плату рабочим при изготовлении линии, руб./шт.

$Z_{пр.}$  – прочие затраты (содержание инструмента, средств защиты, пользование ручного электроинструмента и т.д.) 2000 рублей.

В качестве комплектующих для изготовления линии разгрузки поддонов согласно [15] представлены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Затраты на используемые комплектующие с доставкой

Материал	Расход, шт/м.	Цена за ед. с доставкой, руб./шт/м.	Сумма, руб./шт
Датчики	10	735	7350
Переключатель	1	320	320
Промежуточное реле	3	300	900
Магнитные пускатели	2	525	1050
Тепловое реле	2	1335	2670
Преобразователь частоты	1	12342	12342
Мотор-редуктор NMRV 063-15-93 NMRV 063-10-45	2	7400	14800
Мотор-редуктор NMRV 090-10-45	1	12500	12500
Модули расширения контроллера	2	3844	7688
Провод марки ПВС 4x1,5мм <sup>2</sup>	50 м	45	2250
Провод марки ПВС 3x0,75мм <sup>2</sup>	150 м	21	3500
Гибкий кабель-канал 35x100 мм	2 м	2235	4470

Итого:	69840
--------	-------

Затраты на используемые материалы линии составили 69840 руб.

Количество рабочих, необходимых для изготовления линии, составляет 2 человека. Срок монтажа электропроводки, аппаратуры и датчиков 3 дня. Заработная плата для рабочего составляет 150 руб./час, рабочая смена 8 часов, следовательно, заработная плата на одного рабочего за 3 дня составит 3600 руб. Коэффициент, учитывающий налоговые отчисления и взносы во внебюджетные организации – учитывает отчисления работодателя на подоходный налог (13%), в страховую и накопительную части ПФР (28%), на обязательное социальное страхование по временной нетрудоспособности (2,9%), в Федеральный фонд обязательного медицинского страхования (5,1%). Данный коэффициент введён с целью определения затрат работодателя для выплаты сотруднику заработной платы ЗР,  $k = 1,49$ .

Затраты на заработную плату рабочим при изготовлении линии рассчитываются по формуле:

$$Z_{з.п.} = n_p \cdot ЗП \cdot k, \text{ руб.} \quad (7.2)$$

где  $n_p$  – количество рабочих;

ЗП – заработная плата на одного рабочего за десять дней, руб.;

$k$  – коэффициент, учитывающий налоговые отчисления и взносы во внебюджетные организации.

$$Z_{з.п.} = 2 \cdot 3600 \cdot 1,49 = 10728 \text{ руб.}$$

Себестоимость  $S_{ск.в.}$  на электрооборудование линии разгрузки поддонов рассчитывается по формуле (7.1):

$$S_{л} = 69840 + 10728 + 2000 = 82560 \text{ руб.}$$

Вывод: Себестоимость электрооборудования линии разгрузки поддонов составит 82560 руб. и может внедряться к вибропрессующему комплексу как дополнительная опция.

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ					

## 9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 9.1 Краткое описание рассматриваемого объекта

Линия ВКА представляет собой сложную систему взаимосвязанных узлов и агрегатов. В линии используются такие механизмы как: асинхронные двигатели, гидростанции и цепные передачи.

В результате установки линии на предприятии появляется ряд опасностей, связанных с работой оборудования:

- токоведущие части;
- открытые цепные передачи;
- открытые вращающиеся части оборудования;
- гидростанции и трубопроводы, имеющие внутри высокое давление жидкости;
- возможность падения продукции на работников линии.

Производственный участок для размещения линии представляет собой крытое помещение площадью не менее 250 м<sup>2</sup>.

### 9.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Изучение и выявление возможных причин производственных несчастных случаев, профессиональных заболеваний, аварий, взрывов, пожаров, а также разработка мероприятий и требований, направленных на устранение этих причин, позволяют создать безопасные и благоприятные условия для труда человека.

Возможные объекты, которые могут стать причиной травмирования работника:

- открытые цепные передачи штабелёров загрузки и разгрузки, цепных конвейеров;
- перемещающиеся механизмы гидротолкателей и тележка схвата;
- вращающиеся части схвата и механизма очистки поддонов;
- электрический ток;
- продукция, перемещаемая схватом на высоте от 1 м.

Возможные аварийные ситуации:

- разгерметизация трубопроводов гидростанций, находящихся под высоким давлением;
- короткое замыкание питающих кабелей, что может повлечь за собой пожар.

Негативные факторы производственной среды:

- недостаточная освещённость рабочей зоны;
- перемещающаяся продукция, вращающиеся механизмы;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации;
- цементная пыль.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42



Источниками шума на линии ВКА являются: вибропресс, цепные конвейеры, штабелёр загрузки и разгрузки, электродвигатели, схват, гидростанции и кантователь поддонов.

Источником вибрации является вибропресс.

При вибропрессовании, перемещении готовой продукции в схвате на место разгрузки готовой продукции и чистки поддонов в воздух рабочей зоны выделяется цементная пыль.

### 9.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

В соответствии с [17] категория работ для оператора линии и водителя погрузчика – Iб, а для разнорабочих – IIб.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категорий работ Iб и IIб для тёплого и холодного периодов года приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (от 140 до 174)	от 19 до 24	от 15 до 75	от 0,1 до 0,2
	IIб (от 233 до 290)	от 15 до 22	от 15 до 75	от 0,2 до 0,4
Тёплый	Iб (от 140 до 174)	от 20 до 28	от 15 до 75	от 0,1 до 0,3
	IIб (от 233 до 290)	от 16 до 27	от 15 до 75	от 0,2 до 0,5

По степени воздействия на организм человека по [18] цементная пыль относится к III классу опасности – умеренно опасные вещества.

Предельно допустимые концентрации цементной пыли:

- ПДК<sub>р.з.</sub>=4 мг/м<sup>3</sup>;
- ПДК<sub>м.р.</sub>=0,3 мг/м<sup>3</sup>;
- ПДК<sub>с.с.</sub>=0,1 мг/м<sup>3</sup>.

Преимущественное агрегатное состояние цементной пыли в воздухе в условиях производства – аэрозоль.

По особенностям действия на организм человека цементная пыль относится к аэрозолям преимущественно фиброгенного действия.

Шум нормируется на рабочих местах согласно [19] и [20]. В указанных нормативных документах предусмотрены два метода нормирования шума: по предельному спектру шума и по интегральному показателю – эквивалентному уровню шума в дБА. Выбор метода нормирования в первую очередь зависит от временных характеристик шума. По этим характеристикам все шумы подразделяются на постоянные, уровень звука которых за восьмичасовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБА, и непостоянные, аналогичная характеристика которых изменяется за рабочий день более чем на 5 дБА.

В соответствии с [20] предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах для категорий работ Ib и IIb приведены в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряжённости в дБА

Категория напряжённости трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса
	Средняя физическая нагрузка (б)
Напряжённость легкой степени (I)	80
Напряжённость средней степени (II)	70

Нормирование по предельному спектру шума является основным для постоянных шумов. Предельный спектр шума – это совокупность нормативных значений звукового давления на следующих стандартных среднегеометрических частотах: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для категорий работ Ib и IIb по тяжести и напряжённости труда приведены в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Оператор линии, водитель погрузчика	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Разнорабочие	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Постоянный шум на рабочих местах не должен превышать нормированных по [20] уровней.

Инфразвук подразделяется на постоянный, уровень звукового давления которого, измеренного по стандартной шкале «линейная» шумомера, изменяется не более чем на 10 дБ за время наблюдения 1 мин, и непостоянный, аналогичная характеристика которого изменяется не менее чем на 10 дБ за тот же период наблюдения. Для постоянного инфразвука нормируется уровень звукового давления на частотах 2, 4, 8 и 16 Гц, а для непостоянного – общий уровень звукового

давления по стандартной шкале «линейная» шумомера, дБ. Предельно допустимые уровни инфразвука, установленные [21] для категорий работ Ib и Ib, приведены в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки

Вид трудовой деятельность, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Общий уровень звуко-вого давления, дБ
	2	4	8	16	
Оператор линии, водитель погрузчика	100	95	90	85	100
Разнорабочие	95	90	85	80	95

Допустимый уровень ультразвука нормируется в соответствии с [19] и [22]. Весь ультразвуковой диапазон частот принято подразделять на низкочастотный с частотой колебаний до 100 кГц и высокочастотный (от 100 до 1 000 000 кГц). Низкочастотные колебания распространяются как воздушным, так и контактным путём, а высокочастотные – только контактным. Для низкочастотных ультразвуковых колебаний, в соответствии с названными выше нормативными документами, предельные значения звукового давления на рабочих местах приведены в таблице 9.5.

Таблица 9.5 – Предельно допустимые уровни воздушного ультразвука на рабочих местах

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, кГц	Уровни звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
от 31,5 до 100,0	110

Уровень звукового давления не должен превышать 110 дБ при передаче ультразвуковых колебаний на руки и другие части тела работающих контактным путём разнорабочих.

Вибрацию нормируют в соответствии с [23] и [24].

На технологической линии присутствует как локальная вибрация (для разнорабочего на вибропрессе), так и общая (для оператора линии и разнорабочего участка упаковки готовой продукции).

Общая вибрация II категории (транспортно-технологическая) воздействует на водителя погрузчика, а общая вибрация III категории (технологическая) – на весь персонал.

Общая вибрация категории III относится к типу «а».

Для каждой из категорий вибрации нормируют величины виброскорости и виброускорения как в линейных единицах (м/с и м/с<sup>2</sup>), так и в логарифмических (дБ) в зависимости от частоты вибрации. Общая вибрация нормируется в диапазоне частот от 0,8 до 80 Гц, а местная (локальная) – в диапазоне частот от 8 до 1000 Гц.

Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации и предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категорий II и III нормируются по [24].

Оператор линии осуществляет контроль и наблюдение за ходом технологического процесса при помощи пульта управления и световых сигналов со светофора, а также ведёт наблюдение за общим ходом технологического процесса. В соответствии с [25] наименьший объект различения при этом составляет 1 мм, и в процессе зрительной работы фон и контраст объекта с фоном средний, что соответствует IV разряду и подразряду «в» зрительных работ, а для водителя погрузчика и разнорабочих – VI и VIII соответственно, нормативные показатели освещённости для которых приведены в таблице 9.6.

Таблица 9.6 – Освещение рабочих мест в производственном помещении

Разряд зрительной работы	Искусственное освещение			Естественное освещение	Совмещённое освещение	
	$E$ , лк	$P$ , %, не более	$K_{п}$ , %, не более			
IV	200	40	20	КЕО $e_n$ , % (освещение боковое)	1,5	0,9
VI	200	40	20		1,0	0,6
VIII	200	40	20		1,0	0,6

Возможными источниками поражения электрическим током на производственной линии являются электродвигатели и пульт управления, который работает от напряжения 220 В.

Категорию помещения по степени опасности поражения электрическим током нормируют в соответствии с [26]. Помещение линии КФА по степени опасности поражения электрическим током относится к категории II – помещения с повышенной опасностью, так как в ходе технологического процесса в воздух выделяется цементная пыль.

В соответствии с [27] напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки

при переменном токе с частотой 50 Гц, не должны превышать 2 В и 0,3 мА соответ

ственно. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц, не должны превышать 220 В и 220 мА соответственно при продолжительности воздействия от 0,01 до 0,08 с.

Размер рабочей зоны для оператора линии составляет 1 м<sup>2</sup>. В процессе работы оператору не приходится перемещаться. Для разнорабочих размер рабочей зоны составляет 20 м<sup>2</sup>, так как в процессе работы линии им приходится перемещаться по периметру линии, чтобы обеспечить её функционирование. А для водителя погрузчика размер рабочей зоны зависит от расположения пропарочной камеры в производственном помещении, так как он забирает сформированную продукцию из штабелёра загрузки и отвозит её в пропарочную камеру, а готовую продукцию – из камеры в штабелёр разгрузки.

Технологические особенности процесса выполнения работ регламентируются по [28].

#### 9.4 Охрана труда

К работе на линии допускаются лица старше 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по специальной программе, ознакомившиеся с принципом работы и конструкцией изделия, прошедшие инструктаж.

Оператору линии необходимо знать:

- 1) устройство, принцип действия эксплуатируемого оборудования;
- 2) места установки датчиков и исполнительных механизмов;
- 3) руководство по эксплуатации оборудования;
- 4) мероприятия по предупреждению аварий и устранению возникших неполадок.

К самостоятельной работе допуск разрешён только после стажировки на рабочем месте не менее пяти смен.

Рабочий при приёме на работу должен пройти вводный инструктаж. До допуска к самостоятельной работе рабочий должен пройти:

- 1) первичный инструктаж на рабочем месте;
- 2) проверку знаний по Инструкции охраны труда;
- 3) проверку знаний по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями при обслуживании энергетического оборудования;
- 4) проверку знаний по применению средств защиты, необходимых для безопасного выполнения работ;
- 5) обучение по программе подготовки персонала;
- 6) ПТБ для рабочих, имеющих право подготавливать рабочее место, осуществлять допуск, быть производителем работ, наблюдающим и членом бригады в объёме, соответствующем обязанностям ответственных лиц ПТБ.

Допуск к самостоятельной работе оформляется соответствующим распоряжением по структурному подразделению предприятия.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Лица, работающие на линии, должны быть обеспечены спецодеждой:

- а) костюм хлопчатобумажный из пыленепроницаемой ткани;
- б) ботинки кожаные;
- в) перчатки хлопчато-бумажные;
- г) очки для защиты глаз.

В нерабочее время комплекс должен находиться в положении, исключающем возможность его пуска посторонними лицами, для чего необходимо выключить автомат защиты, разъединить кабель, соединяющий комплекс с сетью. В случае внезапной остановки комплекса во время работы, необходимо выключить автомат защиты, разъединить кабель, соединяющий комплекс с сетью, затем производить работы, связанные с ремонтом электрооборудования.

Профилактический медицинский осмотр для работающих должен проводиться не реже 1 раза в год [29].

Для предупреждения утомляемости и повышения работоспособности в первую очередь необходимо установить рациональный режим труда и отдыха в течение рабочей смены.

На предприятии предусмотрен восьмичасовой рабочий день с перерывом на обед. Режим труда должен предусматривать не менее чем пятиминутные паузы каждые два часа работы. Во время пауз целесообразно проводить физические упражнения.

Возможные источники поражения электрическим током:

- шкаф управления;
- металлические части электрооборудования.

Помещение линии КФА по степени опасности поражения электрическим током относится к категории II – помещения с повышенной опасностью, так как в ходе технологического процесса в воздух выделяется цементная пыль.

В соответствии с [27] предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и тока для частоты питающего напряжения 50 Гц составляют 2 В и 0,3 мА соответственно.

Для обеспечения защиты людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, выполняется заземление.

Согласно [26], в электроустановках с большим током замыкания на землю, допускается выполнение заземлительных устройств с соблюдением требований, предъявляемых к сопротивлению заземления, которое не должно превышать 0,5 Ом. Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. в течение всего периода эксплуатации.

Внутренняя сеть заземления выполнена в виде магистралей заземления, проложенных во всех помещениях рассматриваемого комплекса. С заземлителями внутренняя сеть соединяется в нескольких местах. Магистралы заземления выпол-

нены стальными полосами сечением не менее  $24 \text{ мм}^2$ , при толщине не менее чем  $4 \text{ мм}$ . Все соединения заземляющих проводников между собой и с заземлителем выполняются сваркой. Наружный контур заземления соединён с внутренним контуром.

Расчёт заземления ведётся по [30].

Сопротивление заземляющего устройства при использовании естественных заземлителей,  $R_3$ , Ом:

$$R_3 = \frac{R_e \cdot R_{и}}{(R_e + R_{и})},$$

где  $R_e$  – сопротивление естественных заземлителей, Ом:

$$R_e = \frac{\rho}{\sqrt{S}},$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м,  $\rho = 200 \text{ Ом·м}$ ;  
 $S$  – площадь, ограниченная периметром здания,  $\text{м}^2$ :

$$S = a \cdot b,$$

где  $a$ ,  $b$  – ширина и длина здания, соответственно, м.

$$S = 100 \cdot 40 = 4000 \text{ м}^2.$$

$$R_e = \frac{200}{\sqrt{4000}} = 3,16 \text{ Ом}.$$

$R_{и}$  – сопротивление искусственных заземлителей, Ом:

$$R_{и} = \frac{R_{в} \cdot R_{г}}{(R_{в} + R_{г})}.$$

Вертикальный заземлитель выполнен электродами из угловой стали  $50 \times 50 \times 5 \text{ мм}$  и длиной  $l = 2,5 \text{ м}$ , на расстоянии  $1,25 \text{ м}$  друг от друга. Контур выполнен из полос  $40 \times 4 \text{ мм}$ , проложенных на глубине  $H = 0,7 \text{ м}$ .

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя,  $R_{ст.од.}$ , Ом:

$$R_{ст.од.} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + 1}{5 \cdot H - 1} \right),$$

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$R_{\text{ст.од.}} = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 0,7 + 2,5}{5 \cdot 0,7 - 2,5} \right) = 69 \text{ Ом.}$$

Число вертикальных заземлителей,  $n$ , шт:

$$n = \frac{L}{a_3},$$

где  $L$  – общая длина контура заземления,  $L = 280$  м;  
 $a_3$  – расстояние между электродами,  $a_3 = 1,25$  м.

$$n = \frac{280}{1,25} = 224 \text{ шт.}$$

Суммарное сопротивление всех вертикальных заземлителей,  $R_{\text{в}}$ , Ом:

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{ст.од.}}}{n \cdot \eta_{\text{ст.}}},$$

где  $\eta_{\text{ст.}}$  – коэффициент использования электродов, характеризующий степень использования его поверхности из-за экранирующего влияния соседних электродов,  $\eta_{\text{ст.}} = 0,35$ .

$$R_{\text{в}} = \frac{69}{224 \cdot 0,35} = 0,88 \text{ Ом.}$$

Сопротивление горизонтального заземления, уложенного на глубине 0,7 м,  $R_{\text{г}}$ , Ом:

$$R_{\text{г}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{г}}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\text{г}}^2}{b \cdot H},$$

где  $l_{\text{г}}$  – длина заземлителя, м;  
 $b$  – ширина полосового заземлителя, м.

$$R_{\text{г}} = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 280} \cdot \ln \frac{2 \cdot 280^2}{0,04 \cdot 0,7} = 1,77 \text{ Ом.}$$

$$R_{\text{и}} = \frac{0,88 \cdot 1,77}{0,88 + 1,77} = 0,59 \text{ Ом.}$$

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ					



$$R_3 = \frac{3,16 \cdot 0,59}{(3,16 + 0,59)} = 0,49 \text{ Ом.}$$

Рассчитанное сопротивление заземления удовлетворяет требованиям [26] ( $0,49 < 0,5$ ).

Каждый заземляющий элемент комплекса присоединяется к заземлителю при помощи отдельного ответвления. Открыто проложенные заземляющие проводники окрашиваются в фиолетовый цвет.

Под механическими опасностями понимаются нежелательные воздействия на человека, происхождение которых обусловлено силами гравитации или кинетической энергией тел.

Механические опасности создаются падающими, движущимися, вращающимися объектами природного и искусственного происхождения.

Защита от механических опасностей осуществляется следующим образом: ставятся защитные кожухи на вращающиеся части, на скользких местах ставятся резиновые коврики, каждый месяц персоналу выдаются перчатки.

Для защиты от механических воздействий персонал обязан использовать спецодежду. Перед началом работы необходимо провести наружный осмотр установок, входящих в состав комплекса.

Для предотвращения попадания людей в опасные зоны и под движущееся оборудование в цехе предусмотрены безопасные маршруты передвижения рабочих по производственному помещению.

Защита от механического воздействия в зоне схвата реализована средствами автоматического контроля и сигнализации, при появлении посторонних предметов в зоне схвата срабатывают датчики и все действия, связанные с перемещением продукции схватом, останавливаются. Возобновление работы осуществляется по нажатию кнопки «Пуск» на пульте управления только после ликвидации причин остановки работы схвата.

## 9.5 Производственная санитария

В соответствии с [17] категория работ для оператора линии и водителя погрузчика – Iб с интенсивностью энергозатрат от 121 до 150 ккал/ч (от 140 до 174 Вт), а для разнорабочих – IIб с интенсивностью энергозатрат от 201 до 250 ккал/ч (от 233 до 290 Вт).

Для нормализации параметров микроклимата используются:

- Механизация и автоматизация производственных процессов;
- Дистанционное управление и наблюдение;
- Рациональная вентиляция и отопление;
- Рационализация режимов труда и отдыха.

Для разнорабочих предусмотрены средства индивидуальной защиты.

В соответствии с [17] в целях защиты работающих от возможного перегрева или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах ограничено.

Для холодного и тёплого периода года время пребывания на рабочих местах ограничено восьмью часами для всех категорий работ, которые присутствуют на производственном участке, что входит в допустимые пределы для восьмичасовой рабочей смены.

Остальные показатели микроклимата (относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, температура поверхностей, интенсивность теплового облучения) на рабочих местах должны быть в пределах допустимых величин настоящих Санитарных правил.

В ходе технологического процесса в воздух рабочей зоны выделяется цементная пыль.

С целью предупреждения заболеваний, вызванных действием пыли, следует соблюдать установленные [31] предельно допустимые концентрации пыли в воздухе рабочей зоны.

Предельно допустимые концентрации цементной пыли приведены в [18].

Для обоснования необходимости проведения мероприятий по созданию здоровых и безопасных условий труда и выбора их оптимального варианта на каждом рабочем месте, где образуется пыль, следует периодически контролировать её концентрацию.

Естественное освещение осуществляется через боковые проёмы (окна). В качестве искусственного освещения применяется общее, обеспечивающее нормируемую освещённость в 200 лк.

Для обеспечения заданных параметров освещённости используются люминесцентные лампы типа ЛДЦ мощностью 40 Вт и световым потоком 2 100 лм. Так как в производственном помещении присутствует пыль, то для освещения используются светильники пылевлагозащищённые исполнения типа ПВЛ.

Для поддержания в производственном помещении нормативных параметров микроклимата и удаления из воздуха рабочей зоны цементной пыли предусмотрено наличие естественной неорганизованной вентиляции (окна и двери) и системы искусственной общеобменной вентиляции, а также местной вентиляции в рабочей зоне вибропресса и чистки поддонов.

Для снижения уровня шума и защиты рабочих от него используется дистанционное управление оборудованием, а также применяется экранирование или использование звукоизолирующих кожухов (капотов), в которых часть звуковой энергии поглощается, часть отражается, а часть проходит беспрепятственно.

Для снижения уровня вибрации от вибропресса и другого оборудования используется специальная конструкция фундамента, снижающая уровень вибрации до допустимого.

## 9.6 Эргономика и производственная эстетика

Важную роль играет планировка рабочего места. Практика показывает, что она должна удовлетворять требованиям удобства выполнения работ и экономии

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

рабочего времени работающего, рационального использования производственных помещений и удобству обслуживания.

Эргономика нормируется по [28].

Стационарное оборудование рекомендуется окрашивать в салатный или светло-серый цвет, мобильные машины в броские тёмные тона – вишнёвый, коричневый, вращающиеся детали в красный цвет, защитные кожухи – в жёлтый.

Штабелёры и пульт управления окрашены в светло-серый цвет, а вибропресс, схват, кантователь поддонов и линия, по которой перемещаются пустые и заполненные продукцией поддоны – в оранжевый цвет. Потолок для лучшего отражения света окрашивают в белый цвет, а места, которые часто пылятся и загрязняются – в тёмный цвет – чёрный, коричневый, серый.

## 9.7 Противопожарная и взрывобезопасность

Категория помещения и оборудования линии по взрывопожарной и пожарной опасности определена как Б по [32], так как в гидростанциях используется рабочая жидкость – масло индустриальное.

Помещение линии построено из негорючих материалов, стены сделаны из кирпича и бетона, перекрытия – из железобетона, пол – из бетона. Кабели в помещении проложены в кабельных каналах, подвесных металлических лотках и в трубах с соблюдением требований и рекомендаций, обеспечивающих пожарную безопасность в кабельном хозяйстве.

Основы пожарной защиты предприятия определены государственными стандартами [33] и [34].

Разработана и утверждена инструкция о мерах пожарной безопасности и план (схема) эвакуации людей в случае возникновения пожара на электроустановках, приказом руководителя назначены лица, ответственные за пожарную безопасность отдельных территорий, зданий, сооружений, помещений, участков.

Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и система противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия (план эвакуации людей из здания).

Предотвращение пожара достигается следующими мероприятиями:

- 1) не оставлять без присмотра работающее оборудование;
- 2) не допускать попадание внутрь установок посторонних предметов, жидкостей и сыпучих веществ;
- 3) не допускать перегибов, передавливания и натяжения питающих кабелей;
- 4) не устанавливать электрооборудование вблизи источников тепла;
- 5) не закрывать вентиляционных отверстий;
- 6) установка пожарной сигнализации.

В целях предотвращения пожара с людьми, работающими на предприятии, проводится противопожарный инструктаж, на котором работников ознамливают с правилами противопожарной безопасности, а также проводится обучение использованию первичных средств пожаротушения.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Ответственные за пожарную безопасность на участке лица, ежедневно перед началом работ, должны проверять состояние электрооборудования и комплектность средств пожаротушения, пожарного оборудования, ручного инструмента и инвентаря.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

Производственное помещение оборудовано сетями противопожарного водоснабжения, установками обнаружения и тушения пожара в соответствии с требованиями нормативно-технических документов.

На участке линии предусмотрен набор первичных средств пожаротушения:

- огнетушители ОУ, ОХП;
- противопожарный инвентарь (лопаты, песок, ломы, топоры, багры);
- в помещении установлены пожарные гидранты с таким расчётом, чтобы обеспечить подачу воды в любую точку помещения.

Огнетушители размещаются в легкодоступных и заметных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное воздействие отопительных и нагревательных приборов. Обеспечивается возможность прочтения маркировочных надписей на корпусе, а также удобство и оперативность пользования ими.

## 9.8 Экологическая безопасность

В последнее время всё чаще и чаще встают проблемы экологического контроля за деятельностью предприятий. Любое производство в большей или меньшей степени будет наносить вред окружающей среде и в первую очередь – человеку, если не будут выполняться природоохранные мероприятия. На предприятии принимаются меры для предупреждения или ограничения вредного воздействия на окружающую среду, выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов в водные объекты, шума, вибрации и иных вредных физических воздействий, а также по сокращению безвозвратных потерь и объёмов потребления воды.

В процессе работы вибропресса и чистки поддонов в воздух рабочей зоны выделяется цементная пыль, а под вибропрессом образуются твёрдые отходы из оседающей пыли. Эти отходы необходимо отправить на переработку для повторного использования либо на утилизацию.

В гидростанциях используется рабочая жидкость – масло индустриальное.

Полностью выработавшее свой ресурс масло должно сливаться в специальные ёмкости и отправляться на очистку для повторного использования либо утилизации (при невозможности очистки масла).

Ремонтный персонал при плановых ремонтах линии на гидростанциях обя

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

зан проверить места соединений трубопроводов на наличие течи, проверить целостность сальников и при нахождении указанных неисправностей – устранить.

Использованную ветошь, по окончании ремонта необходимо убрать в специально отведённую для этого тару.

Оператор, перед началом и после окончания работы на линии обязан провести внешний осмотр линии на предмет наличия протекания из систем гидростанций. При обнаружении течи из вышеуказанных систем во время работы линии, линию необходимо остановить и вызвать специализированный персонал.

## 9.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

Источником чрезвычайной ситуации (в дальнейшем ЧС) может стать опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение средств поражения, в результате чего произошла или может произойти ЧС. К природным ЧС относятся землетрясения, наводнения, сели, оползни, заносы, обледенения и лавины.

Следствием стихийного бедствия, нарушения технологии производства, правил эксплуатации различных машин, оборудования, мер безопасности может явиться авария или катастрофа. Наиболее опасным следствием катастроф являются пожары и взрывы. Поэтому все помещения снабжены средствами пожаротушения и схемами эвакуации людей.

Все работники должны знать, чётко соблюдать и требовать от других выполнения на предприятии правил пожарной безопасности, следить за наличием и исправностью средств пожаротушения и в случае пожара уметь ими пользоваться. На участке должен быть оборудован пожарный стенд, укомплектованный инструментами и средствами пожаротушения. Все проходы к ним должны быть постоянно свободными.

Устойчивость работы промышленного объекта – это способность объекта выпускать установленные виды продукции в объёмах, предусмотренными соответствующими требованиями в условиях ЧС, а также приспособленность этого объекта к восстановлению в случае повреждения.

Для промышленного объекта характерны следующие факторы, влияющие на подготовку объекта к работе в условиях ЧС:

- район расположения объекта;
- внутренняя планировка и застройка территории объекта;
- системы энергоснабжения;
- технологический процесс;
- производственные связи объекта;
- системы управления;
- подготовленность объекта к восстановлению производства.

При оценке устойчивости работы промышленного объекта особое внимание уделяется системам энергоснабжения. Основным источником энергии является

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

электроэнергия. Электроснабжение осуществляется от нескольких питающих линий. При выходе из строя одной линии, электроснабжение оборудования осуществляется от другой.

Основными мероприятиями по повышению устойчивости работы производственного участка являются:

- повышение прочности и устойчивости производственного участка и совершенствование технологического процесса;
- повышение устойчивости материально-технического снабжения;
- повышение устойчивости управления;
- разработка мероприятий по уменьшению вероятности возникновения вторичных факторов ЧС и ущерба от них;
- подготовка к восстановлению производства после аварии.

Повышение устойчивости оборудования достигается путём создания запасов элементов, отдельных узлов и деталей, материалов и инструментов для ремонта и восстановления повреждённого оборудования.

К организационным мероприятиям, повышающим устойчивость управления объекта, относится заблаговременная подготовка руководящих работников и ведущих специалистов к взаимозаменяемости. В случае возникновения опасности оповещение производится при помощи внутрицехового радио и сирены.

Выводы: В главе проведён анализ опасных и вредных факторов, возможных чрезвычайных ситуаций, возникающих при работе на комплексе формовочном автоматизированном. Рассмотрены основные требования к мерам безопасности и безвредности работы персонала. Рассмотрены эргономические требования и меры безопасности при эксплуатации линии.

Приведены основные меры и средства защиты от поражения электрическим током, проведён расчёт заземления. Обязательным условием допуска персонала к работе является его профессиональная подготовка, соответствующая характеру выполняемых работ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплекс на базе Урал-М6 в сравнении с зарубежным аналогом выигрывает по установленной мощности комплекса и в цене, мощность сократилась в 2,4 раза, цена в 2 раза, с отечественным аналогом, мощность сократилась в 1,1 раза, цена 1,3 раза а так же численность рабочего персонала сократилась на 2 человека, но проигрывает в производительности, с зарубежным аналогом в 1,7 раз меньше, с отечественным в 1,16 раз меньше;

при внедрении линии разгрузки поддонов сокращаются простои комплекса при неисправности прессы путем разгрузки продукции;

для управления линией разгрузки поддонов добавлены дополнительные модули расширения на 17 входных и 9 выходных сигналов;

мотор-редукторы линии обеспечивают 20 процентный запас по моменту;

циклограмма работы схвата поддонов реализована в программе VISSIM;

себестоимость электрооборудования с электромонтажем линии разгрузки поддонов составит 112568 рублей и может предлагаться заказчику как дополнительная опция.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Официальный сайт ООО «Монолит 74». – <http://vibropress-monolit.ru/about/istoriya-predpriyatiya/>.
- 2 Вибропресс Мастек-Атлант. – <http://vibropress-monolit.ru/vibropressy-mastek/mastek-atlant.html>.
- 3 Вибропрессующий комплекс Namtas NS-20. – [http://namtas.pulscen.biz/goods/29356008-liniya\\_dlya\\_proizvodstva\\_betonnykh\\_izdeli\\_nhp\\_520](http://namtas.pulscen.biz/goods/29356008-liniya_dlya_proizvodstva_betonnykh_izdeli_nhp_520).
- 4 Технология производства тротуарной плитки. – <http://press-rifey.ru/7delusions/>.
- 5 Драчёв, Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию для студентов заочного обучения спец. 180400. 2-е издание, дополненное. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 137 с.
- 6 Двигатели серии АИР основного исполнения и модификации.– [http://www.mez.by/dvigatel/air\\_table2.shtml/](http://www.mez.by/dvigatel/air_table2.shtml/).
- 7 Червячный мотор-редуктор NMRV 063. – <http://www.электродвигатели-редукторы.рф/product/nmrv063/>.
- 8 Программируемые логические контроллеры CLICK. – <http://promauto.kz/prom-auto/plk/automation-direct/click/>.
- 9 Преобразователи частоты Altivar 320, – Telemecanique, каталог 07. – 56 с.
- 10 Индуктивный датчик ISB A8A-31P-10-L.– <http://teko-com.ru/teko/device/7096>.
- 11 ГОСТ 2.702–75 Правила выполнения электрических схем. – Введ. 1977-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 23 с.
- 12 Завод Монолит: вибропрессы, оборудование для производства шлакоблоков кирпича бордюра и тротуарной плитки. – <http://monolitzavod.ru/ekonomika/raschet-po-shlakobloku.html>.
- 13 Матушкина, О.Е. Экономика предприятия: учебное пособие. / О.Е.Матушкина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 42с.
- 14 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 15 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 16 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 17 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
- 18 СН 2.2.4/2.1.8.583-96 Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки.
- 19 СН 2.2.4/2.1.8.582-96 Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения.
- 20 ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
- 21 СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы.
- 22 СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
- 23 Правила устройства электроустановок (Издание седьмое). Госэнергонадзор

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58



Минэнерго России, 2003 г.

24 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

25 ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

26 Порядок обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций. Совместное постановление Министерства труда и социального развития РФ № 1 и Министерства образования от 13.01.2003 № 29.

27 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России, Энергосервис. 2003 г.

28 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

29 НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

30 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

31 ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

					13.03.02.2018.117.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59