

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра технологических процессов и оборудования
машиностроительного производства

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент


Н.А. Дружкова
ав. проект 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой


С.В. Сергеев
2016 г.

РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СКЛАДСКОЙ
КОМПЛЕКС

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ
ЮУрГУ– 220301.2016.079.00 ПЗ ВКП

Консультанты


Экономическая часть

преп.


Н.В. Казакова
2016 г.

Руководитель проекта

доцент


Ю.С. Сергеев
2016 г.


Безопасность жизнедеятельности

доцент


В.Г. Некрутов
2016 г.

Автор проекта

студент группы У-КФл-621


О.М. Лифанов
2016 г.

Нормоконтролер


доцент


Ю.С. Сергеев
2016 г.

Усть-Катав 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра технологических процессов и оборудования
 машиностроительного производства
Специальность 220301 Автоматизация технологических процессов и
 производств (машиностроение)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 С.В. Сергеев
_____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускной квалификационный проект студента
Лифанова Олега Михайловича
Группа У-КФл-621

1 Тема проекта

Робототехнологический складской комплекс

утверждена приказом ректора от 15 апреля 2016 г. № 661

2 Срок сдачи студентом законченного проекта 1 июня 2016 г.

3 Исходные данные к проекту

3.1 Материалы преддипломной практики

3.2 Руководство по эксплуатации

3.3 Справочная литература

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение

1 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

1.1 История развития систем складирования

1.2 Отечественные производители

1.3 Зарубежные разработки

2 Обзор литературы и постановка задачи

3 Общая часть

3.1 Описание работы комплекса

3.2 Оборудование робототехнологического складского комплекса

3.3 Описание механической части комплекса

3.4 Расчет элементов конструкции

4 Специальная часть

4.1 Разработка системы управления

4.2 Система позиционирования

4.3 Разработка электропривода

4.4 Выбор программируемого логического контроллера

5 Организационно-экономический раздел

5.1 Эффективность робототехнологического складского комплекса

5.2 Расчёт суммы капитальных вложений по сравниваемым вариантам

5.3 Расчёт отдельных статей себестоимости

5.4 Обоснование экономической эффективности внедрения робототехнологического складского комплекса

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Краткое описание производственного участка

6.2 Анализ производственных опасностей

6.3 Производственная санитария

6.4 Порядок действий руководителей формирований гражданской обороны при организации спасательных и других работ

Заключение

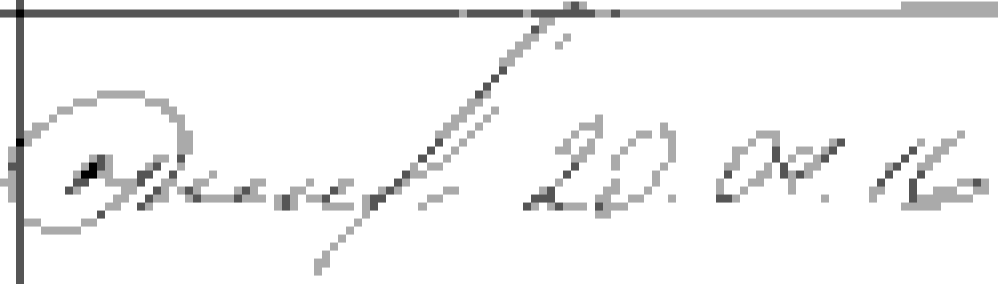



Библиографический список

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)


1 Цель и задачи проекта. Плакат	(1 лист)
2 Основные типы автоматических складов. Плакат	(1 лист)
3 Планировка робототехнологического складского комплекса. Плакат	(1 лист)
4 Мостовой кран-штабелер. Габаритный чертеж ГЧ	(1 лист)
5 Структурная схема робототехнологического складского комплекса. Плакат	(1 лист)
6 Функциональная схема системы управления. Плакат	(1 лист)
7 Алгоритм работы робототехнологического складского комплекса. Плакат	(2 листа)
8 Показатели экономической эффективности. Плакат	(1 лист)
9 Выводы по проекту. Плакат	(1 лист)

Всего 9 листов

6 Консультанты по проекту, с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Организационно-экономический	Казакова Н.В.	 20.04.16	
Безопасность жизнедеятельности	Некрутов В.Г.	 20.04.16	

7 Дата выдачи задания 21 марта 2016 г.

Руководитель  Ю.С. Сергеев

Задание принял к исполнению  О.М. Лифанов

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускного квалификационного проекта	Срок выполнения этапов проекта	Отметка о выполнении руководителя
Введение	30.03.2016	<i>JS</i>
Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений	30.03.2016	<i>JS</i>
Обзор литературы и постановка задачи	2.04.2016	<i>JS</i>
Общая часть	8.04.2016	<i>JS</i>
Специальная часть	13.04.2016	<i>JS</i>
Экономическая часть	18.05.2016	<i>(Signature)</i>
Безопасность жизнедеятельности	18.05.2016	<i>(Signature)</i>
Заключение	25.05.2016	<i>JS</i>
Оформление пояснительной записки	28.05.2016	<i>JS</i>
Графическая часть	1.06.2016	<i>JS</i>

Заведующий кафедрой _____ *(Signature)* С.В. Сергеев

Руководитель проекта _____ *JS* Ю.С. Сергеев

Студент _____ *(Signature)* О.М. Лифанов

АННОТАЦИЯ

Лифанов О.М. Робототехнологический складской комплекс. – г. Усть-Катав: филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве, кафедра ТПиОМП; 2016 г., 93 с., 37 ил., библиогр. список – 19 наим., 9 листов чертежей ф.А1.

В дипломном проекте разработан робототехнический комплекс. В частности, спроектировано складское помещение с внедрением автоматизированной системы складирования, а именно выбор конструкции крана-штабелера, расчет его узлов и механизмов, разработка системы позиционирования и грузозахвата и системы управления комплексом. Были выбраны оборудование и средства автоматизации, в частности, датчики контроля параметров, программируемый логический контроллер, разработана элементная база схемы управления электроприводами.

Также представлен расчет технико-экономических показателей комплекса. Рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда.

220301.2016.079.00 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Лифанов О.М.		<i>Лифанов</i>	
Провер.	Сергеев Ю.С.		<i>Сергеев</i>	
Реценз.	<i>Сергеев Ю.С.</i>		<i>Сергеев</i>	
Н. Контр.	Сергеев Ю.С.		<i>Сергеев</i>	
Утверд.	Сергеев С.В.		<i>Сергеев</i>	

Робототехнологический складской комплекс	Лит.	Лист	Листов
	Д	4	93
	Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве Кафедра ТПиОМП		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ	
1.1 История развития систем складирования	9
1.2 Отечественные производители	9
1.3 Зарубежные разработки	12
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	17
3 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	
3.1 Описание работы комплекса	19
3.2 Оборудование робототехнологического складского комплекса	20
3.3 Описание механической части комплекса	27
3.4 Расчет элементов конструкции	37
4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	
4.1 Разработка системы управления	51
4.2 Система позиционирования	52
4.3 Разработка электропривода	60
4.4 Выбор программируемого логического контроллера	68
5 ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
5.1 Эффективность робототехнологического складского комплекса	73
5.2 Расчёт суммы капитальных вложений по сравниваемым вариантам	73
5.3 Расчёт отдельных статей себестоимости	75
5.4 Обоснование экономической эффективности внедрения робототехнологического складского комплекса	76
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
6.1 Краткое описание производственного участка	78
6.2 Анализ производственных опасностей	78
6.3 Производственная санитария	78
6.4 Порядок действий руководителей формирований гражданской обороны при организации спасательных и других работ	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	92

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современного производства рост производства продукции достигается за счет применения современных систем, например, гибких автоматизированных производств, станков с числовым программным управлением, роботизацией, потоковыми автоматическими линиями, систем автоматизированного проектирования, SCADA-систем и т.д. В целом по производству наблюдается тенденция к увеличению количества выпускаемой продукции и повышения ее качества. Все это способствует внедрению автоматического или автоматизированного оборудования, где человеческий фактор сведен к минимуму. И это верный путь, так-как только так можно обеспечить необходимое количество и качество продукции.

Но важнейшую роль в планировании производства играет планирование движения потоков материалов, заготовок, инструмента, комплектов для сборки, готовых изделий и т.д. Сейчас этим занимается система складов различного назначения: материалов, инструмента, межоперационные, межцеховые, готовой продукции и т.д., которые работают по графику планово-диспетчерского бюро, где вручную формируют все необходимые потоки.

Нередки в этой системе случаи сбоев: не та марка стали пришла на мехобработку, «ненужную» деталь привезли на сборочный участок. Подавляющее большинство этих ошибок возникают из так называемого человеческого фактора, т.к. «люди не роботы». Но из-за этой рассинхронизации потоков встает весь процесс производства, и чем ближе эта ошибка к началу производственной цепочки, тем больше простой. Необходимо преобразовать транспортно-накопительную систему. Эта система не должна кардинально переделываться и должна сохранить свою структуру, но в ней нужно вычленить человеческий фактор:

- использовать при составлении графика движения потоков специальное программное обеспечение (например, SCADA-системы);
- непосредственно на участках мехобработки создать автоматические склады инструмента с комплектом пополняемого стандартного инструмента и своевременно загружаемого специального инструмента (например, готовые решения на базе оборудования фирмы Матсуши Инк.);
- организовать автоматизированные склады готовой продукции, склады материалов и межцеховые склады;
- организовать количественную систему контроля складов всех уровней (опять же SCADA-системы).

Остановимся более подробно на автоматизированных складах. При постоянно увеличивающихся объемах производства именно на межцеховых складах и готовой продукции находится узкое место – это его накопительная и пропускная способности, количество выборок за рабочую смену, ярко выраженный человеческий фактор. Стандартное складское здание представляет собой ангар куда «кучами» сваливают материалы или готовую продукцию. При необходимости найти конкретный материал в условиях массового или крупносерийного производства, или же продукцию в условиях мелко- и среднесерийного теряется очень много

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ				

времени. В условиях массового производства применяются также и межцеховые склады, где накапливаются партии деталей, предназначенных на сборочные участки, куда должны поступить уже готовые комплекты (машинокомплекты).

При решении вопроса по автоматизации склада руководство компании сталкивается со стандартными проблемами, требующими порой нестандартных решений. Приведем список характерных проблем неавтоматизированного склада. Невнимательное отношение лишь к небольшой части этого перечня может привести к падению качества обслуживания производства, увеличению операционных расходов и простоев:

- невысокая скорость и точность выполнения заказов;
- неэффективное использование пространства склада;
- слабый контроль работы персонала;
- бюрократия – увеличивающийся «поток» бумажной работы;
- усталость служащих – усиление негативного воздействия человеческого фактора;
- недостаток знаний о статусе запаса, отсутствие ответов на комплекс вопросов «Что – Где – Как много?»;
- увеличивающееся повреждение запаса;
- проблемы с обеспечением специальных стандартов хранения товара;
- трудности в реализации маркировки товара;
- несоблюдение требуемых правил и приоритетов;
- путаница со множеством единиц измерения товара;
- невозможность сквозного отслеживания серийных номеров;
- отсутствие информационного обмена с внешними системами;
- неоптимальное использование специализированного оборудования;
- сложности инвентаризации товарного запаса;
- проблемы получения аналитической отчетности по складу.

При этом нужно учитывать задачи, стоящие перед этим комплексом:

- приемка товара на склад от внешнего контрагента (поставки);
- контроль и маркировка принятого груза;
- передача груза на переработку в строго оговоренное время и место (передача заготовок, формирование комплектов сборки);
- приемка деталей после прохождения обработки;
- подбор груза под заказ целыми и сборными паллетами;
- отгрузка груза внешнему контрагенту (продажи, возврат поставщику).

Существует две системы выполнения технологических операций по комплектации – «человек к товару» и «товар к человеку». Система «товар к человеку» является полностью автоматизированной. Управление передвижением товара осуществляется при помощи пульта управления, при этом сам оператор не производит никаких перемещений, и товар поступает к окну выдачи автоматически. В отношении системы «человек к товару» по результатам хронометража работы комплектовщика, проводимого на 23 складах предприятий, были получены следующие усредненные результаты: 50% времени комплектовщика расходуется на

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ					

перемещение между местами отборки, 20% времени – это вынужденный простой (ожидание), 20% – работа с документами, 10% – изъятие с места отборки. Все это требует внедрения автоматизированных складов с возможностями по приемке, выдаче и комплектования единиц хранения, сопровождения их необходимой документацией, обновления в реальном времени состояния склада.

Автоматизированные склады сооружаются на различных этапах технологического процесса. Их можно подразделить на:

- склады материалов, которые находятся в начале производственного цикла и предназначены для складирования исходных материалов;
- промежуточные склады, которые располагаются на отдельных участках и необходимы для случаев остановки или рассинхронизации производства;
- склады готовой продукции.

На автоматизированных складах хранятся не только обрабатываемые изделия, но и порожняя тара, инструмент, приспособления, сменные захваты, запасные части от оборудования.

В составе системы складов автоматические склады могут выполнять две основные функции: оперативную и накопительную.

Оперативная функция состоит в хранении и доставке на рабочие места заготовок и полуфабрикатов, составляющих межоперационные заделы, комплектов технологической оснастки, подготовленной для текущих операций. Комплекты технологической, инструментальной, мерительной оснастки после выполнения операции должны возвращаться на склад в секции очистки, хранения, подготовки. Все эти операции могут выполняться непосредственно на участке производства. Поэтому резонно создавать локальные склады, обеспечивающие потребности именно этого участка или цеха. В этой области уже созданы готовые решения. Эти склады представляют собой шкафы, внутри которых находится бесконечная лента с ячейками хранения, укрепленных на ней, которая обслуживается системой электропривода и управления выборкой и загрузки на базе промышленного контроллера. Эти решения являются полностью автоматическими и все чаще применяются как на участках мелко- и среднесерийного производства, так и на участках ГПС.

Накопительная функция состоит в хранении основных и страховых запасов заготовок, готовых деталей, предназначенных для комплектации и подачи на сборку в виде узло- и машинокомплектов, подготовленных к отправке готовых изделий. Как раз склады этого типа и нуждаются в комплексной автоматизации, так как готовых решений в этой сфере нет- все они индивидуальны.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

1.1 История развития систем складирования

В настоящее время достаточно большое количество фирм выпускают различные виды автоматических и автоматизированных складов, среди которых присутствуют как специализированные решения, например, для фармацевтики, химической промышленности, металлургического производства, так и универсальные, предназначенные для машиностроения, крупных торговых баз и т.п.

Складирование – один из этапов производства, где очень важен человеческий фактор. И поэтому начиная с 60-х годов XX века, когда основные вопросы производства были уже решены, встал вопрос о комплексной механизации и автоматизации складских комплексов. Вопрос о механизации был решен применением подъемно-транспортных машин, как-то мостовых кранов, погрузчиков, подвесных и роликовых конвейеров. В вопросе же автоматизации склада успехов добились ФРГ, Япония, Швеция и США.

Разработки Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института (ВИАСМ) были затруднены отсутствием аппаратной элементной базы управления, то есть проще говоря не было просто систем управления, позволяющих реализовать подобный проект.

Значительно позже в 1976г. удалось разработать систему складирования, разработать оборудование и ввести его в строй. Сделано это было на базе Ульяновского государственного технического университета (УлГТУ).

Параллельно с разработками УлГТУ робототехнологический складской комплекс разрабатывался в других странах соц. лагеря. Проект Чехословакии под именем Valmet был внедрен на предприятиях автомобилестроения (РАФ, Икарус и т.д.). Но на кране здесь присутствовал оператор стеллажного крана штабелера, который отдавал команды на перемещение к определенному стеллажу и ячейке, а позиционирование и захват груза осуществлялся автоматически.

1.2 Отечественные производители

В настоящее время отечественные разработки представлены на рынке автоматизированного складского хозяйства в виде стеллажных складов с мостовыми и стеллажными кранами-штабелерами. Компаний, занимающихся такими решениями, на рынке представлено достаточное количество, но все они основывают свои решения на наработках периода СССР. Типичными для них являются применение контакторной системы управления приводами, использование приводов постоянного тока, ограничение по пролету автоматического склада до 8...10 м, применение устаревшей системы позиционирования и управления, отсутствие связей с другими этапами производства, ручное управление. Рассмотрим некоторые из этих решений, отличающиеся от среднестатистических.

На ОАО «Великолукский опытный машиностроительный завод» изготавливается широкая гамма опорных и подвесных кранов-штабелеров различной грузо-

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

подъёмности, высоты подъёма и длин пролёта моста. Мосты кранов с пролётом до 10 метров выпускаются из двутавровых балок, максимальная высота подъёма вил над уровнем пола 6 метров. В качестве подъемного механизма используется таль, а не лебедка, электрооборудование оснащено ШР-разъемами, что упрощает процесс установки и монтажа. Краны-штабелеры в отличие от кранов прочих производителей оснащены частоторегулируемыми приводами, что позволяет устанавливать любую скорость передвижения, плавный пуск и торможение. Существенными недостатками этого крана является маленький пролет крана, не позволяющий использовать его в нашем предприятии, и ручное управление. Характеристики крана представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики крана ЭКШ-02

Параметр	Значение
Грузоподъёмность, т	0,5; 1;
Пролёт моста, м	2,5...10
Высота подъёма груза, м	2,8...6,0
Управление	с пола
Скорость передвижения моста, м/с	0,25
Скорость подъёма груза, м/с	0,13
Скорость передвижения тележки, м/с	0,09
Скорость поворота колонны, об/мин	9

Несколько другой подход применен в ОДО «Белкрансервис». Предназначен для приёма, хранения и выдачи всевозможных грузов в таре или на поддонах с помощью крана-штабелера. Склад механизированный рекомендуется для применения на общезаводских и внутрицеховых складах предприятий, торговых баз и др. Склад состоит из каркасных ячеечных стеллажей и опорного или подвесного крана-штабелера. По желанию заказчика склады комплектуются поддонами или тарой. Склады выпускаются унифицированных серий и по индивидуальным проектам. По индивидуальным проектам длина стеллажей, размеры ячейки стеллажа в свету, количество стеллажей по желанию заказчика могут быть изменены, как в большую, так и в меньшую сторону. Данный кран представлен на рисунке 1.1.

Представленный склад также не предоставляет возможность автоматической выборки и укладки грузов, его система управления аналоговая, без возможности связи со старшими. Управление реализовано с пола или с панели оператора. Визуальное наблюдение осуществляется с помощью камер на кране. Сводные технические характеристики склада приведены в таблице 1.2.

					Лист
					10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

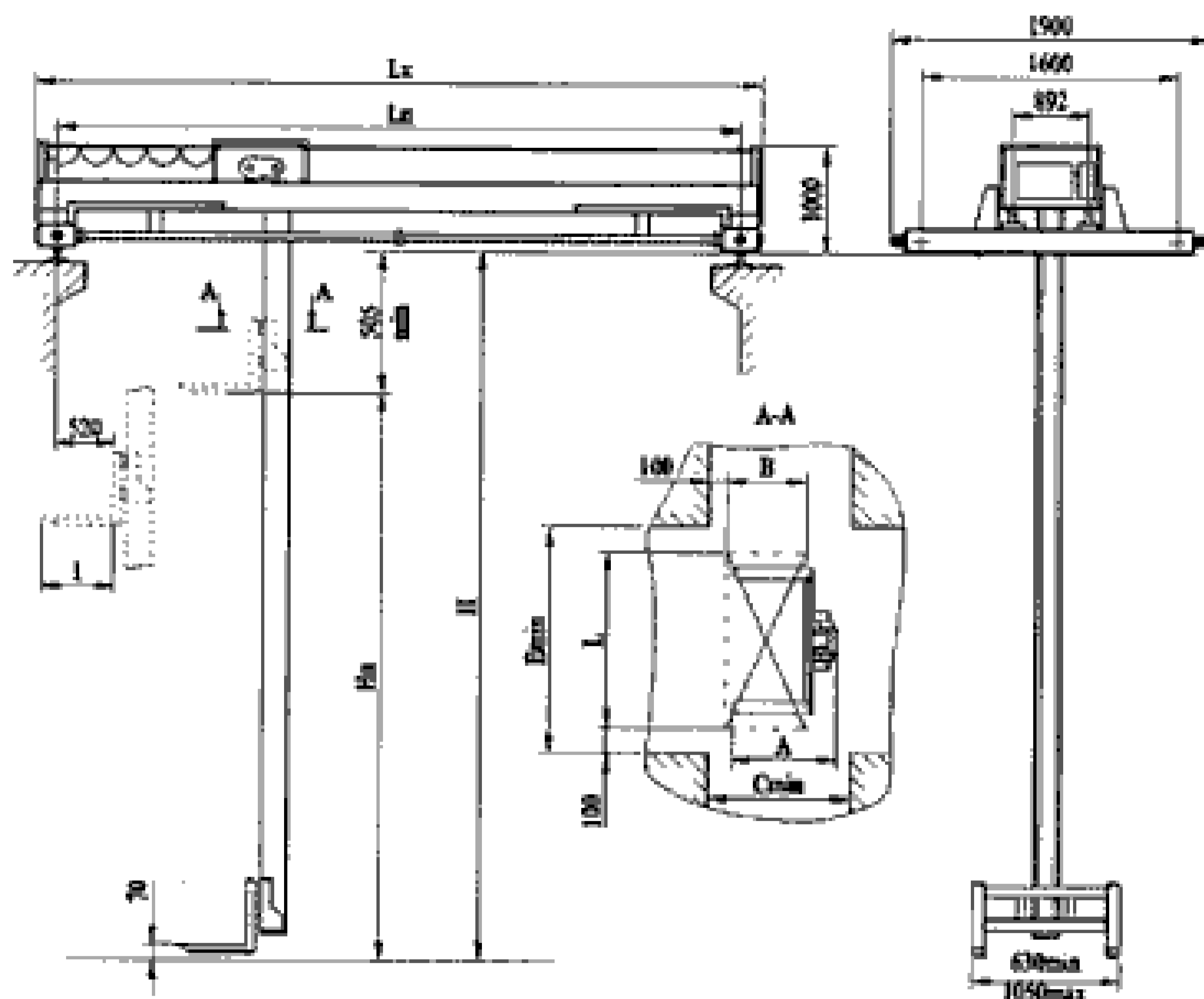


Рисунок 1.1 – Кран-штабелер мостовой производства «Белкрансервис»

Таблица 1.2 – Технические характеристики крана серии СМТ 1000

Параметры	Значения для моделей	
	СМТ 1000	СМТ 1000-01
Грузоподъемность ячейки (тары), кг	1000	1000
Стеллажи	2 одност. и 2 двуст.	2 одност.
Количество ячеек, шт.	252	84
Габариты ячеек, мм	875x630x750	875x630x750
Г/п оборудование	мостовой	мостовой
Тип крана-штабелёра	опорный	опорный
Грузоподъёмность, кг	500	500
Управление	с пола	с пола
Длина пролёта крана-штабелера, мм	8100	5100

Как видно выше отечественные разработки сосредоточились на общепромышленных складах, предполагая подогнать их под требования заказчика. Совсем другим путем пошли зарубежные разработки, где в условиях жесткой конкуренции, стали проектировать каждый склад под свой круг задач, область применения или конкретного заказчика.

1.3 Зарубежные разработки

Фирма Nelcom осуществляет проект рельсового автоматического крана-штабелера в международном порту Роттердама, так называемый ASCs (Automated Stacking Cranes). Он установлен в месте промежуточного хранения входящих и исходящих контейнеров, то есть под открытым небом. Автоматически управляемые транспортные средства так называемые AGVs (Automated Guided Vehicles) доставляют контейнер от береговых кранов к месту складирования. Так как контейнеры не могут при этом позиционироваться с точностью, требуемой для захвата спредером, поисковая система, установленная на кране, измеряет точное положение контейнера, после чего привод перемещения крана-штабелера производит необходимую коррекцию. Точность позиционирования контейнера весом 12 т всего 5 миллиметров. В систему приводов входит 12 двигателей переменного и 2 двигателя постоянного тока. Анализ положения контейнера производится при помощи лазерных датчиков и меток на покрытии порта.

Итальяно-Германская фирма System Logistics с системой Robostore является лидером по проектированию и изготовлению складов торговых комплексов, с числом погрузок-выгрузок больше 5000 циклов. Система "Robostore" обеспечивает высокий уровень автоматизации складской логистики, и поэтому находит широкое применение в разных областях:

- дистрибьюторские склады;
- склады ответственного хранения;
- склады готовой продукции и полуфабрикатов;
- склады пищевых продуктов (в том числе и склады-холодильники);
- предприятия оптовой торговли различными потребительскими товарами;
- предприятия фармацевтической отрасли и т.п., основная деятельность которых и заключается в разукрупнении партий на более мелкие и передача их потребителю. Каждый такой склад – это проект, реализуемый не менее чем 2 года. Один из таких складов изображен на рисунке 1.2.

Эти системы не предназначены для долгосрочного хранения, требуют высоких капиталовложений на стадии установки, монтируются только в специально построенных помещениях, требуют постоянного эксплуатационного обслуживания, как программной, так и аппаратной их части. Также в складах подобного типа не удастся достичь максимального коэффициента использования полезной площади, что является определяющим для складов длительного хранения. Стоимость внедрения подобного склада Robostore в настоящее время начинается с 3 млн. долларов США, причем существенную часть стоимости составляет строительство специальных зданий. Комплекс представляет собой систему, состоящую из стеллажных конструкций до 34 м высотой, кранов-штабелеров с устройствами автоматического позиционирования и захвата грузов по команде центрального ЭВМ и погрузке-выгрузке их в определенной зоне.

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ				

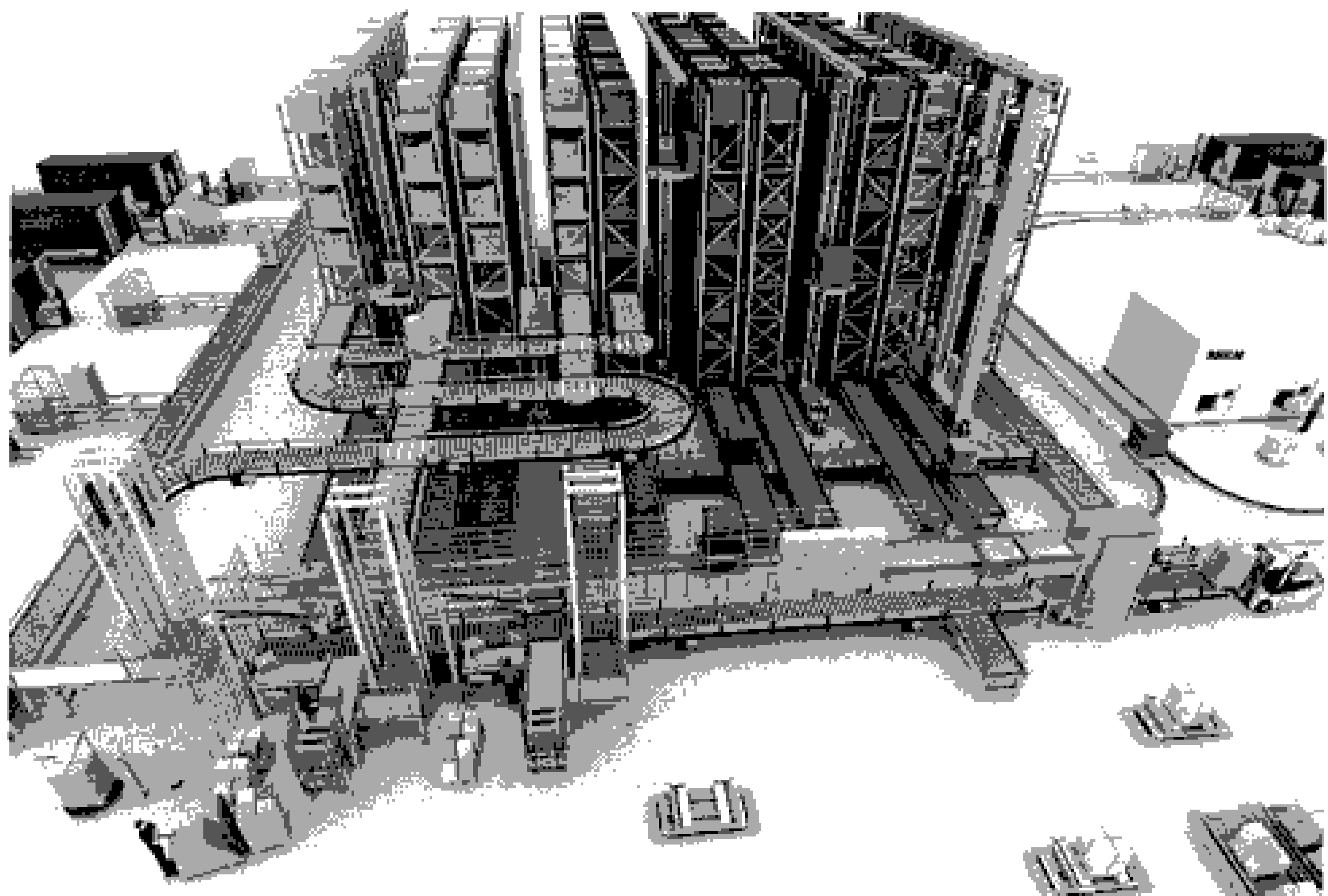


Рисунок 1.2 – Система высотного складирования Robostore

На предприятиях фирмы GM Volvo применяется принципиально другая схема складирования в виде подвешенного конвейера, по которому на некоторой высоте перемещаются кузова автомобилей. По мере необходимости кузов поступает на основной сборочный конвейер. В основном же они находятся на межоперационном складе. Подвесные или другие виды конвейеров целесообразно использовать в качестве складских приспособлений в условиях автоматизированного производства, когда создание накопительных складов хранения не нужно. Т.е. поступающие материалы отправляются сразу в обработку, после этого детали комплектуются и сразу уходят на другую операцию и т.д. Здесь нужны только межоперационные склады, которые служат для выравнивания скорости работы всего предприятия. То есть после операции длительностью 2 мин всегда приходится создавать межоперационный задел перед операцией длительностью 1 мин. В этих условиях конвейер является идеальным межоперационным складом.

Интересным решением является складская система CUBE, разработанная той же System Logistics. Данная компания является лидером в области автоматизации складирования и занимает 60% данного рынка в Италии и Германии. На рисунке 1.3 представлена трехмерная модель данного модуля.

Устройство представляет собой прямоугольный каркас, выполняющий несущую функцию для всей конструкции. Поддоны располагаются внутри каркаса в колоннах. Транспортное устройство забирает поддон из колонны, опускает его вниз и вдоль нижней стороны системы перевозит к зоне выдачи. Затем поддон выдается в зону выдачи для работы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

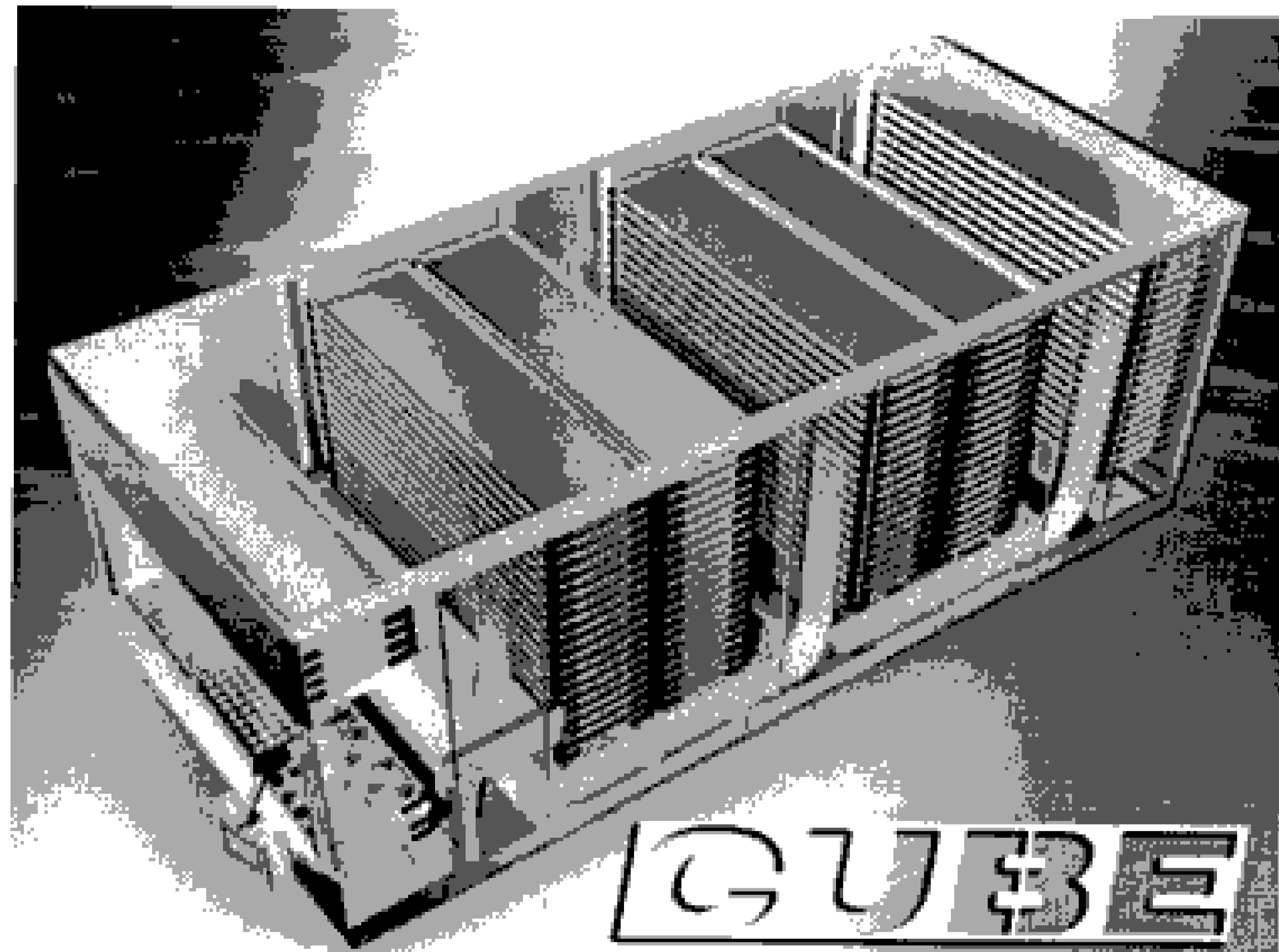


Рисунок 1.3 – Система горизонтального складирования CUBE

Отличительная особенность этой системы в том, что для увеличения емкости хранения требуется добавить модули, увеличивая длину системы. Таким образом, эта система представляет альтернативу для тех кому требуется автоматизация склада, но нет помещений с высокими потолками. Основная единица хранения представляет собой оцинкованный ящик, который может быть разделен на множество малых отделений, что упрощает хранение самых разных материалов. (Поддон делится на отделения с помощью специальных пластин.). Размеры поддона составляют 2530 x 650 x 75 мм. Зона выгрузки (в ней происходит загрузка и выгрузка материалов оператором) интегрирована в структуру склада и находится на высоте 800 мм от уровня пола. Управление системой осуществляется с пульта оператора, который представляет собой компьютерную систему, изготовленную в индустриальном исполнении. Оператор благодаря наглядному интерфейсу легко ориентируется в системе. Система позволяет осуществлять заказ материалов по номеру изделия, его расположению в системе, а также по фотографическому изображению, хранящемуся в базе данных, что облегчает работу оператора. Система разработана для использования в различных отраслях: аптекарские склады, электронная промышленность, магазины, то есть там, где необходимо хранить большое количество (более 3000 наименований) различных относительно мелких элементов или товаров.

Последней разработкой System Logistics является второе поколение вертикальных складов MODULA. Данный вид складов показан на рисунке 1.4.

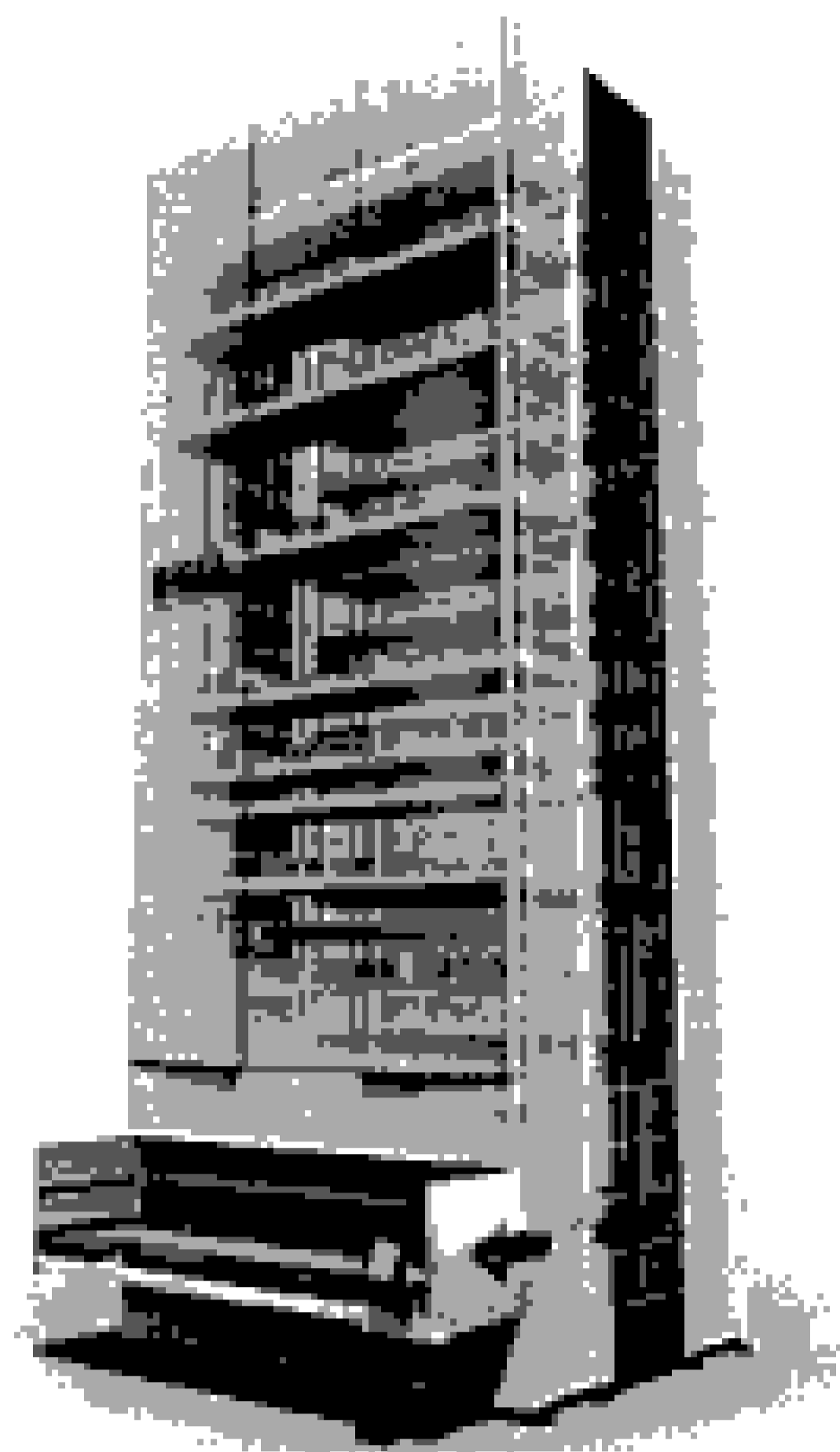


Рисунок 1.4 – Система вертикального хранения MODULA

За последние десять лет марка MODULA стала одним из лучших автоматизированных складов вертикального хранения. MODULA представляет собой вертикальную структуру, предназначенную для хранения различных материалов в поддонах. Возможность подбора высоты под конкретное помещение обеспечивается модульностью конструкции. Склад может достигать в высоту до 20 м и обеспечивать хранение до 60 т. материалов.

Секции для изменения высоты могут иметь размеры 0,5; 1; 1,5; 2 или 3 м. Машины "MODULA" могут быть смонтированы вне помещения, как показано на рисунке 1.5. Для обеспечения влаго- и теплозащиты они обшиваются панелями. Таким образом возможно использование машин даже большей высоты чем используемые помещения. Данный склад подходит для кладовых инструмента малых и средних размеров. Подходит для хранения запасных деталей, компонентов или упаковок.

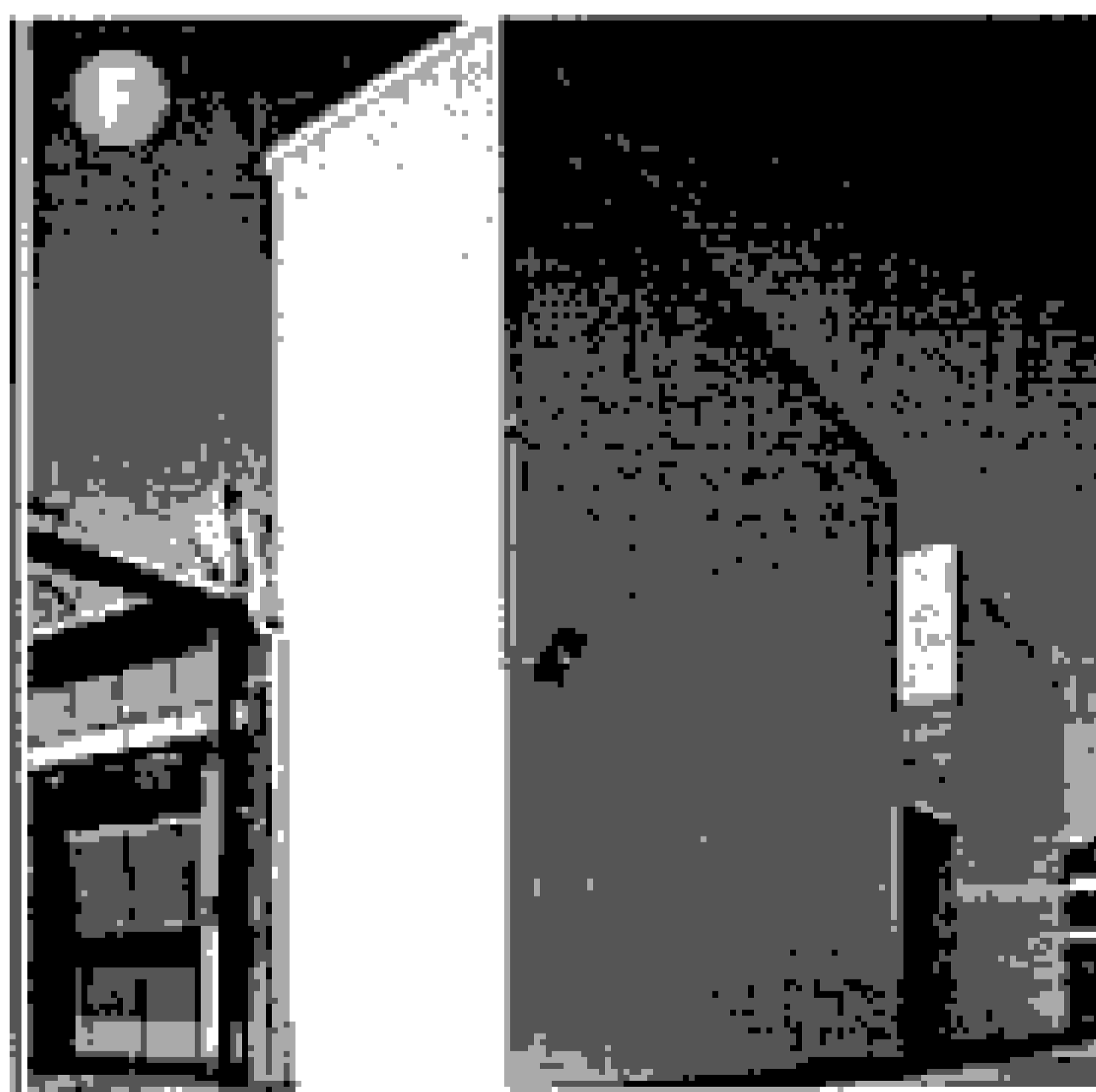


Рисунок 1.5 – Внешний монтаж

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

При больших объемах складирования однотипных грузов применяются склады гравитационного типа, представляющие собой рольганги значительной длины, установленные под углом 2-15 градусов, с ограничителями на концах. Уложенные на гравитационные стеллажи грузы постепенно без участия человека перемещаются под воздействием силы тяжести от места загрузки к месту выгрузки. Как только со стеллажа снимается первый предмет все предметы, стоящие позади него, перемещаются на его длину. Таким образом предмет первым загруженный первым же и снимается. Этот параметр важен для продовольственных товаров и некоторых групп строительных, для которых время выдержки после производства должно быть не менее чем цикл стеллажа. Подобная система внедрена на одном из заводов фирмы Antey (США), где производят мелкие железобетонные изделия из вспененного бетона. Срок их выдержки по техпроцессу изготовления должен быть не менее 3 суток.

Гораздо более остро стоит вопрос автоматизации складов промышленных предприятий машиностроения. В условиях мелкосерийного производства, когда объем грузопотоков за год не превышает 50 000 тонн, автоматизированное поточное производство не внедрено, а номенклатура единиц хранения превышает 300 позиций складирование может являться узким местом в синхронизации производства. И если проблемы внутрицехового складирования решаются установкой локальных складов, то складирование готовой продукции, заготовок, инструмента, долгосрочное складирование превращаются в сложнейшую логистическую систему.

Предприятие такого уровня не может позволить себе установить автоматический склад типа Robostore или MODULA из-за их высокой стоимости и необходимости постройки нового здания в случае с Robostore; к тому же здесь нет необходимости в быстрodeйствии оптово-розничных складов с 5000 выборок за смену.

Надобность в системах CUBE на предприятии машиностроения сомнительна, так как обеспечивает хранение очень ограниченной номенклатуры изделий незначительных размеров.

Не подходит здесь и конвейерный способ, так как в некоторых случаях срок хранения изделий и комплектующих может доходить до полугода.

Гравитационные стеллажи не обеспечивают необходимого количества номенклатуры хранения и вариативности выборки.

Проанализировав материал, можно сделать вывод о необходимости проектирования робототехнологического складского комплекса, обеспечивающего хранение широкого спектра грузов на базе существующих складских помещений с грузооборотом 20000 тонн в год.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данном проекте необходимо разработать робототехнологический складской комплекс для складского помещения размерами 40x15x14 метров. В данном помещении эксплуатировался мостовой крюковой кран грузоподъемностью 3,2 тонны, поэтому подкрановые пути и конструкция несущих колонн рассчитана на номинальную нагрузку 5 тонн. Данный склад предназначен для хранения готовых изделий, комплектования из деталей сборочных комплектов и хранения запасов оснастки и инструмента. Все единицы хранения упаковываются либо в паллеты, либо укладываются на поддоны. Система должна в автоматическом режиме осуществлять загрузку, выгрузку, выборку грузовых единиц по заданным параметрам.

В ходе создания автоматического складского комплекса перед нами стояли две задачи:

- выбор типа и разработка механической части складского комплекса;
- разработка системы управления и силовой части комплекса.

Эти задачи определили перечень литературы, который изучался в ходе работы.

В частности, рассматривалась книга А.И. Зерцалова «Краны с жестким подвесом груза». А.И. Зерцалов является признанным лидером по теоретическим основам расчета различных систем автоматического складирования. Именно из данной книги была принята методика расчета механической части комплекса. В содружестве с другими авторами, как-то Б.И. Певзнер и И.И. Бененсон, А.И. Зерцалов написал еще несколько книг на тему автоматического складирования. Одна из них – это «Краны-штабелеры». В данной книге рассматриваются технико-экономические основания для применения различных типов складов, их механическое устройство. На основании данного материала стали подбираться книги, которые могли помочь в выборе и расчете элементов принятой нами конструкции. Необходимо было подобрать мост, тележку, поворотную платформу, колонну, грузозахват для мостового крана-штабелера. Так как первые три компонента стандартны для подъемно-транспортных устройств, то и книги использовались соответствующие. По справочнику «Грузоподъемные краны промышленных предприятий» под редакцией Абрамовича И.И. были выбраны конструкция моста, тележка крана и его поворотная платформа. По этой же книге были сформированы требования к крановому приводу и системе управления ими, приняты устройства безопасности и выбраны ограничители крайних положений механизма.

Конструкция колонны, каретки и грузозахвата описываются в книге П.З. Петухова «Специальные краны». Методика их расчета взята из книги Перте-на Ю.А. «Механизация и автоматизация складов штучных грузов». Все методики расчета соответствуют требованиям к ним, изложенным в ГОСТ 29321-92 «Краны-штабелеры мостовые. Основы расчета».

Принципы построения систем управления комплексом описываются в книге Антонец И.В. «Устройства и методы управления штабелерами-манипуляторами». Оттуда была принята система управления комплексом, основанная на ЭВМ, кото-

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ				

рая опрашивает датчики положения и управляет асинхронными приводами. Методика расчета приводов взята из «Справочника по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами» под редакцией В.И. Круповича. Основные типы датчиков, их устройство и характеристики описываются в книге Р.Г. Джексона «Новейшие датчики». Оттуда взяты описания принципов действия и относительных характеристик датчиков, которые используются в комплексе. Сами датчики выбраны по электронным каталогам фирм-производителей.

Устройства безопасности типа «световая завеса», промышленный компьютер и преобразователи частоты выбраны по электронным каталогам в соответствии с расчетами и техническим заданием.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

3 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

3.1 Описание работы комплекса

Робототехнологический складской комплекс состоит из зон хранения и экспедиции- это участки на которых происходят все технологические операции по приемке грузов, формированию складских единиц, транспортированию складских единиц в зону хранения, выдача их в зону хранения, комплектация и отправка потребителям. Обычно зоны приемки-выдачи располагают либо на разных этажах, либо при ограниченном обороте, на одном из торцов здания. Вообще, вариантов размещения этих зон множество и их расположение зависит от типа транспорта с которого и на который осуществляют выгрузку. При наличии крупной базы часто мигрирующих грузов основную рампу разгрузки располагают вдоль здания и туда же выводят зону выдачи. Рампа загрузки в таких складах приспособлена под железнодорожный транспорт. В нашем случае здание использовалось как межоперационный склад и склад готовой продукции. Рампа здесь присутствует с одного торца здания и предназначена для погрузки на автомобильный грузовой транспорт. В этой зоне располагаются рабочие места комплектовщиков, отдельно стоящая зона оператора склада, транспортные конвейеры.

Внутри зоны хранения, представляющих собой ряды высотных стеллажей, работает кран-штабелер. Именно он является основным элементом системы.

Система должна решать несколько функций:

- загрузку в ячейку единицы хранения;
- выгрузку из ячейки единицы хранения;
- выборку единиц хранения, находящихся в стеллажах, по атрибутам определяемым оператором склада;
- обеспечивать безопасность работников склада.

Схема компоновки робототехнологического складского комплекса представлена на рисунке 3.1. Рассмотрим на примере этой схемы типовую операцию по загрузке ячейки.

Цикл работы начинается с того, что оператор склада идентифицирует входящий груз, оформляет товарно-транспортные накладные, маркирует его и дает системе приказ на его загрузку в ячейку. По сигналу от датчиков наличия груза, установленных на позиции погрузки, кран-штабелер подходит к зоне точной парковке груза. Данные зоны представляют собой упоры на концах конвейера, который удерживают поддон в однозначном положении. На доводочной скорости кран подходит к парковке, подводит вилы грузозахвата под поддон и приподнимает их на 40 мм с помощью привода подъема груза. После этого он перемещается по центральному проходу до необходимого межстеллажного прохода с использованием привода моста. Так как используются двухсторонние стеллажи и расстояние между ними немногим превышает длину вилок и поддона, то поворот колонны крана осуществляется на «перекрестке» межстеллажного и центрального проходов с помощью привода механизма поворота колонны. Затем он перемещается вдоль стеллажей при помощи механизма перемещения тележки. При дости-

жении определенной вертикали ячеек стеллажа он останавливается и происходит подъем вилок на определенную высоту, груз позиционируется напротив ячейки хранения и перемещением моста задвигается внутрь. Происходит опускание вилок на 40 мм, и они выдвигаются из ячейки. При этом груз за счет опорных полозьев вдоль поддона, которые опираются на дно ячейки, остается внутри. Кран перемещается в центральный проход, вилы поднимаются или опускаются на высоту парковки конвейера (стандартно 800 мм) и встает в зону парковки, где ждет следующей команды оператора. Очередные команды встают в очередь, где возможно выделить приоритетные команды. При наличии команды загрузки выполняет операцию загрузки, при наличии команды выгрузки после выхода из межстеллажного прохода осуществляет выгрузку в зону парковки грузов на конвейер.

Безопасность людей достигается за счет установки ударных буферов на сквозных путях крана, датчиков, разъединяющих силовые цепи крана при достижении им границ зоны хранения, механических и фотоэлектрических барьерах, препятствующих проникновению людей в зону работающего крана.

Автоматический склад представляет собой сложную структуру, где структурно можно выделить несколько основных элементов:

- оборудование робототехнологического складского комплекса;
- штабелирующее оборудование, где отдельно следует рассмотреть металлоконструкцию мостового крана-штабелера;
- система управления складом.

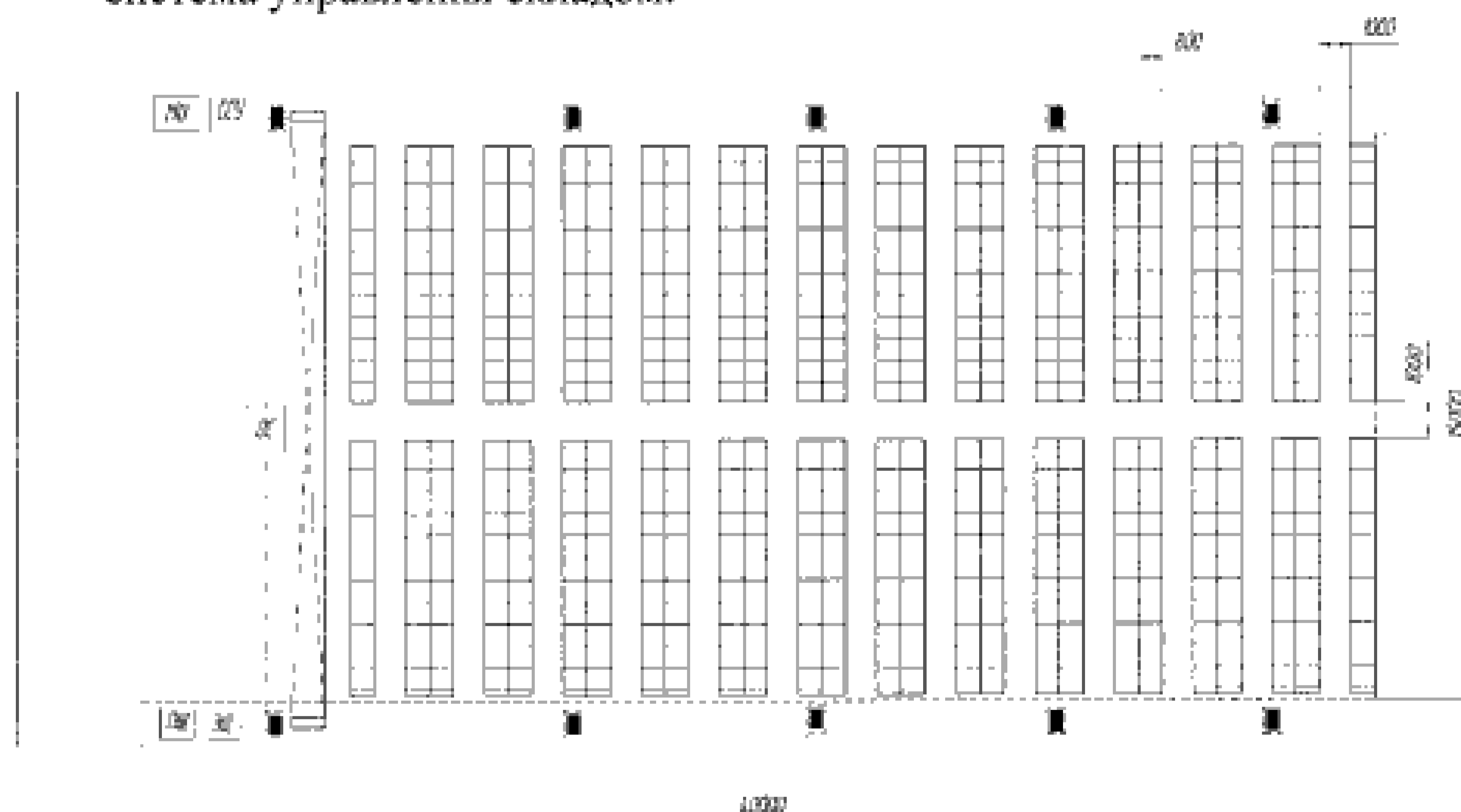


Рисунок 3.1 – Компоновка робототехнологического складского комплекса

3.2 Оборудование робототехнологического складского комплекса

3.2.1 Транспортно-складская тара

Основой технического оснащения, а также механизации и автоматизации процессов перемещения и складирования грузов на складах промышленных пред-

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

приятый является применение многооборотной транспортно-складской или специализированной технологической тары (кассет, спутников).

Выбор параметров складской тары является одним из первых этапов проектирования складской технологии, так как тара увязывает между собой номенклатуру перерабатываемых грузов, производственные участки предприятия, внешние и внутренние грузопотоки и все элементы складской системы стеллажи, штабелирующее оборудование, складское здание. для достижения наибольшей вместимости складских зданий (а следовательно, и лучших технико-экономических показателей склада) параметры пакетов, штабелирующего оборудования, складского здания и технологической схемы складирования должны находиться между собой в определенных соотношениях.

Увязка тары с внешними грузопотоками склада должна выполняться посредством лучшего заполнения транспортных средств грузеными поддонами и обеспечения бесперевадного процесса транспортировки грузов от потребителей до поставщиков в пакетах. Наибольшая эффективность от пакетных перевозок грузов может быть достигнута при комплексной механизации всех погрузочных, Транспортных, разгрузочных и складских работ с пакетированными грузами без расформирования пакетов. Для этого в складах отправителей и получателей грузы нужно по возможности хранить и перерабатывать в тех же пакетах, в которых они транспортируются от одних складов к другим.

Транспортным пакетом называется укрупненная грузовая единица, сформированная из штучных грузов в таре и без нее, с применением различных способов и средств пакетирования, сохраняющая форму в процессе обращения и обеспечивающая возможность комплексной механизации погрузочно-разгрузочных и складских операций [7].

Грузы пакетирует предприятие-отправитель. Размеры и масса пакетов должны обеспечивать рациональное использование погрузочно-разгрузочного оборудования, транспортных средств и складских помещений. На ряде складов (однотипных грузов) целесообразно использовать более крупные поддоны, чем поддоны размерами 800x1200 мм, так как укрупнение грузовых складских единиц позволяет снизить затраты на складирование и переработку грузов на складе за счет лучшего применения объемов здания и повышения производительности подъемно-транспортного оборудования.

Для повышения прочности и устойчивости пакетов на поддонах, а также предотвращения повреждений и хищений грузы на поддонах увязывают, закрепляют или укрывают, для крепления грузов на плоских поддонах применяют стальные, тканевые и пластмассовые ленты, мягкую стальную проволоку, сетки, чехлы, термоусадочную пленку и другие материалы. Хорошей защиты и стабилизации пакета на поддонах достигают применением термоусадочной пленки для закрепления грузов в пакетах и предотвращения их смещения применяют клей как самостоятельный способ закрепления пакета или в сочетании с обвязкой. При проектировании пакетов для внутризаводских перевозок грузов применяют те же методические принципы, что и для магистральных пакетных перевозок: соответствие номенклатуре грузов, максимальное заполнение объемов самой грузовой

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ				

единицы, транспортных средств и складов. Поддоны для гибких автоматизированных производств выбирают в соответствии с теми же методическими принципами, которые изложены выше применительно к созданию механизированных и автоматизированных складов любых типов. Все поддоны можно классифицировать:

- по назначению – транспортные и технологические (кассеты, спутники);
- по роду транспортируемых грузов – универсальные (для грузов широкой номенклатуры) и специальные (для определенных грузов);
- по конструкции (плоские, стоечные, ящичные, одно- и двухнастильные, одно- и двухзаходные);
- по материалу (металлические – из стали или легких сплавов, деревянные, пластмассовые, картонные, композитные с применением древесно-стружечных плит и других материалов);
- по продолжительности использования (разового использования, многооборотные);
- по области применения (внутрискладские поддоны, для внутривозовских перевозок, для внешних магистральных перевозок);
- по размерам (150 x 200; 200 x 300; 300 x 400; 400 x 600; 600 x 800; 800 x 800; 800 x 1000; 800 x 1200; 1600 x 1000; 1600 x 1200).

Многооборотные поддоны являются частью транспортно-складского оборудования ГАП, участка, цеха, предприятия. Поддоны разового использования можно рассматривать как разновидность транспортной упаковки грузов.

Особенностью специальных технологических поддонов для гибких автоматизированных производств является то, что на них определенные грузы (заготовки, полуфабрикаты, детали) располагают в фиксированном положении, а иногда и закрепляют заранее, как, например, на поддонах-спутниках многооперационных сверлильно-фрезерно-расточных станков, и подают на них детали на станок непосредственно в зону обработки.

Поддоны-кассеты и поддоны-спутники изготавливают штампованными, сварными, литыми, и они могут служить самостоятельным устройством для формирования грузовой транспортно-складской единицы, или их укладывают на стандартные поддоны. Транспортно-складские поддоны универсальны по роду размещаемых в них грузов и могут быть металлическими или пластмассовыми, а по конструкции плоскими, стоечными и ящичными.

В зависимости от типа и размеров деталей и потребной вместимости одного поддона или кассеты размеры тары в плане выбирают из следующего стандартного ряда: 50x200, 200x300, 300x400, 400x600, 600x800, 800x800, 800x1200, 1000x1200, 1600x1000, 1600x1200 мм. для длинномерных грузов (например, металлопроката) предусматриваются поддоны длиной до 6 м. Масса брутто стандартных поддонов составляет от 10 кг до 5 т.

За рубежом все шире применяют на складах пластмассовые поддоны. Их изготавливают из полиэтилена высокой и низкой плотности, из полистирена,олефиновых полимеров. Масса пластмассовых поддонов размерами 900-1400 мм колеблется от 7 до 29 кг. При этом более тяжелые поддоны могут нести статическую

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

нагрузку в штабеле до 8200 кгс. Плоские пластмассовые поддоны применяют в основном двух типов: однонастильные четырехзаходные поддоны вакуумной формовки с девятью ножками; литые двухнастильные четырехзаходные поддоны с решетчатыми настилами.

Преимущества пластмассовых поддонов: чистота и красивый внешний вид; малая масса (примерно в два раза легче деревянных поддонов с такой же несущей способностью), большая точность изготовления, что является следствием самой технологии их производства; не требуют специальной окраски, так как уже при изготовлении им может быть придан требуемый цвет; легкость кодирования поддонов по цвету с привязкой их к определенным зонам складирования или грузам; ровная гладкая поверхность, отсутствие острых кромок и в связи с этим опасности травмирования работников складов. Примерные сроки службы пластмассовых поддонов, по зарубежному опыту, составляют 5-6 лет, т. е. норма амортизации составляет 17-20%.

Недостатками пластмассовых поддонов являются: высокая стоимость, хрупкость, недостаточные жесткость и износостойкость, необходимость осторожного обращения в эксплуатации, пластические деформации под нагрузкой, реагирование на высокую и низкую температуру, сложность ремонта, большая сосредоточенная нагрузка на нижний ярус в штабеле (у девятиножечных поддонов), накопление статического электричества, возможность сползания груза по скользкой поверхности. Применение пластмассовых поддонов должно быть обосновано технико-экономическими расчетами, в которых учитывают их достоинства и недостатки. На рисунке 3.2 показаны схемы металлических поддонов грузоподъемностью до 1200 кг. Спереди они имеют скошенную или прямоугольную форму.

Для нас подойдут стандартные нормированные ГОСТом поддоны размерами 600x800x450 мм. Это стандартный поддон с грузоподъемностью 1т, использующийся на большинстве складов в качестве основной единицы хранения.

3.2.2 Стеллажные конструкции

Стеллажи имеют следующие преимущества по сравнению со штабельной формой складирования:

- более полное использование объема склада за счет увеличения высоты складирования (для многономенклатурных грузов);
- строгое фиксирование грузов в зоне хранения, что обеспечивает порядок и организацию на складе, облегчает учет грузов и дает возможность автоматизировать хранилище;
- возможность взятия груза из любого яруса по высоте;
- лучшая сохранность грузов;
- большая безопасность складских работ из-за устойчивого складирования грузов;
- меньшие требования к ровности пола.

Недостатками стеллажей по сравнению со штабельным хранением являются менее плотная укладка грузов в складе из-за наличия проходов, дополнительная стоимость, расход металла, сложность переоборудования склада при стационарной установке стеллажей, необходимость сооружения специальных фундаментов

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

с закладными деталями для крепления стеллажей, большие трудности в осуществлении проекта механизации, пожарная опасность стеллажного склада.

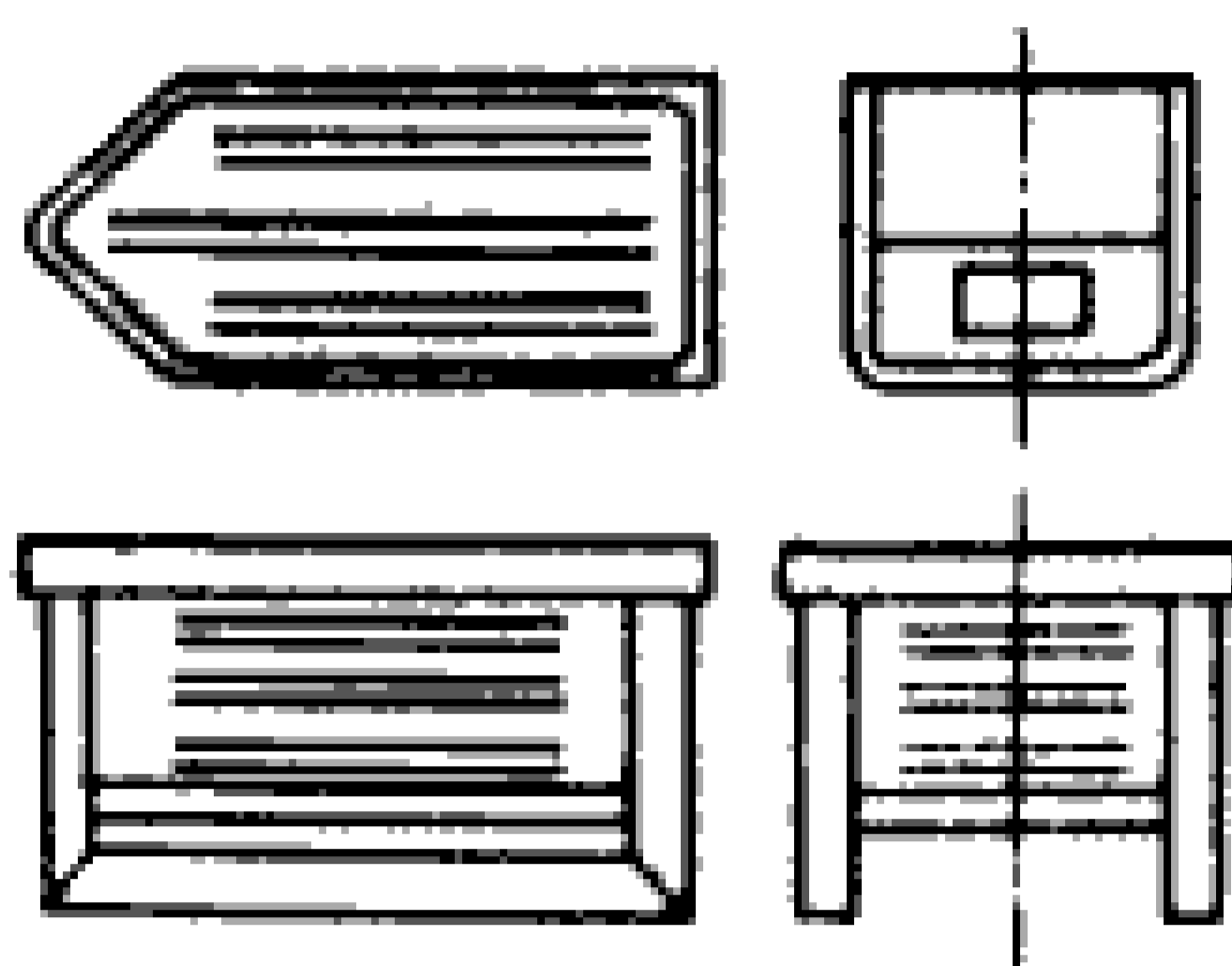


Рисунок 3.2 – Поддоны для загрузки

При проектировании небольших складов высотой до 6 м, особенно складов с небольшим числом наименований складываемых грузов, рекомендуют рассматривать вариант штабельного складирования грузов в ящичных и стоечных поддонах, устанавливаемых друг на друга на высоту до пяти ярусов, имея в виду его преимущества, а особенно - низкую стоимость. Применение для складирования грузов в штабеле ящичных поддонов с открывающейся верхней частью одной из стенок позволяет вести отбор грузов из нижних поддонов в штабеле, не снимая верхних поддонов.

Стеллажные конструкции могут быть классифицированы:

- по способу опирания груза и конструкции опорных поверхностей для него (полочные, каркасные, бесполочные, консольные);
- по состоянию грузов в стеллажах (с неподвижным хранением, с подвижным хранением);
- по наличию приводных устройств (с приводом, без привода);
- по связи с полом склада – закрепленные к полу (стационарные), не закрепленные к полу, передвижные;
- по состоянию стеллажей в процессе эксплуатации – неподвижные, передвижные;
- по числу грузовых единиц в ячейке в глубину стеллажа или по длине (одноместные, двухместные, многоместные);
- по доступности грузов - с непосредственным доступом к каждому грузу, с отсутствием непосредственного доступа к каждому грузу (при многоместных ячейках);
- по связи с каркасом складского здания – несвязанные конструктивно с каркасом здания и заменяющие каркас здания частично или полностью;
- по возможности приема и выдачи грузов – одностороннего обслуживания, двухстороннего обслуживания;
- по связи со штабелирующей машиной – несвязанные со штабелирующей машиной, несущие штабелирующую машину;
- по материалу, из которого изготовлены стеллажи – металлические (из стали, легких сплавов), железобетонные, деревянные, композитные;

				220301.2016.079.00 ПЗ			Лист
							24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

– по способу складирования груза в стеллаже – для складирования в пакетах, для складирования россыпью;

– по роду складываемых грузов – для тарно-штучных и для длинно мерных.

Общее число вариантов конструкций стеллажей составляет несколько тысяч. Наиболее широко, особенно для складирования многономенклатурных грузов, применяют клеточные стеллажи - бесполочные и каркасные, которые проектируют и изготавливают в соответствии с ГОСТ. Ниже представлены типовые размеры нормированных стеллажей (рисунок 3.3), их характеристики сведены в таблицу 3.1.

В соответствии с размерами поддонов выбирает и стеллаж для них, где размер ячейки хранения равен 600x800. При этом максимальная длина секции стеллажа равна 7 метрам, но при этом ее возможно нарастить до 42 метров путем пристыковки таких же секций.

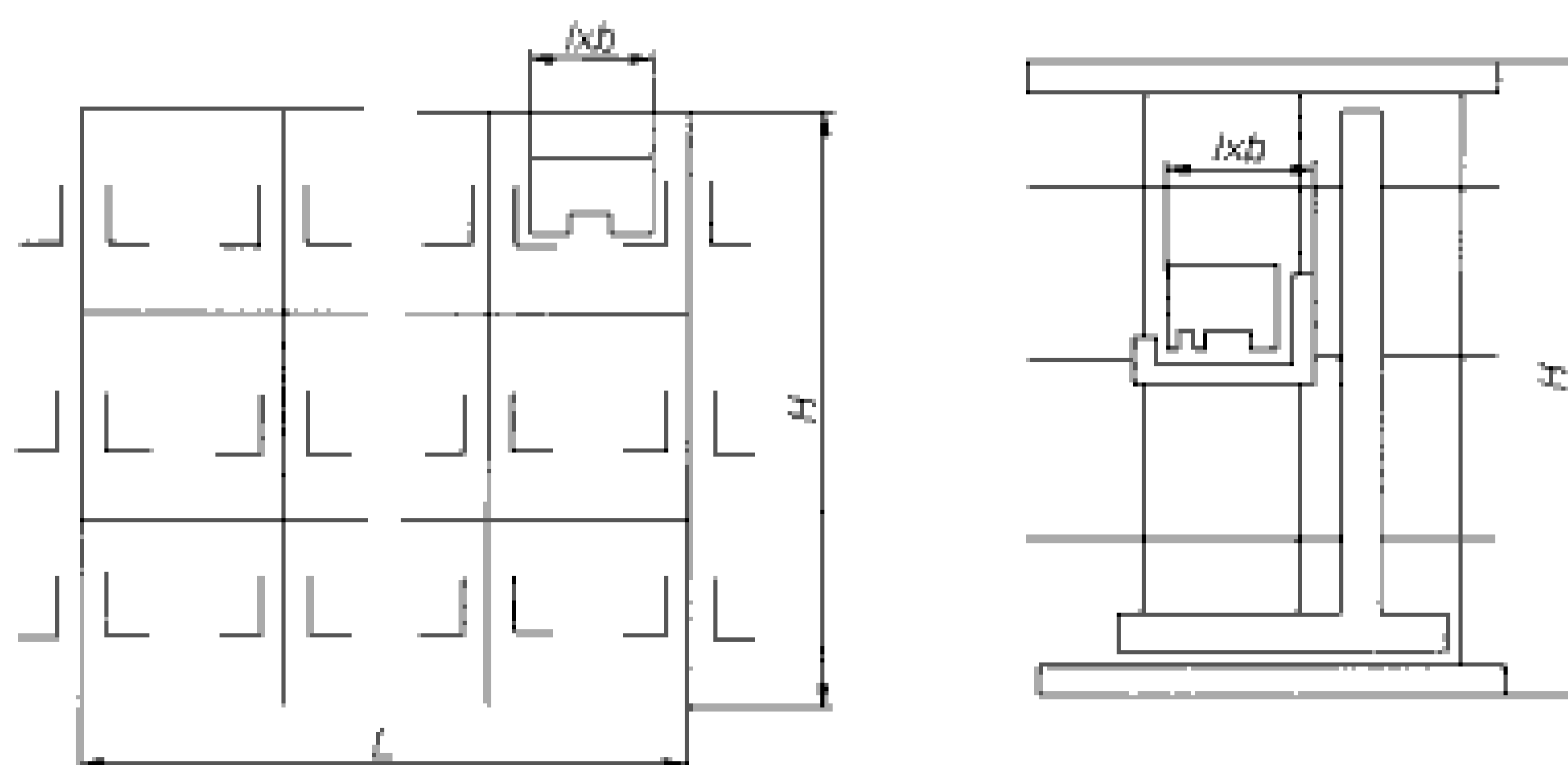


Рисунок 3.3 – Стеллаж

Таблица 3.1 – Типовые стеллажи

Параметр	Типовой модельный ряд					
	0,05 0,1 0,16	0,25	0,5	1,0	2,0	3,2
Грузоподъемность ячейки, т						
Размеры грузовой единицы lxb, мм	400x300	500x500	500x500	800x600	1000x1000	1200x800
	400x400	500x500	600x400	800x800	1200x800	1200x1200
	500x500	600x400	600x600	1000x1000	1600x1000	1600x1000
	600x400	600x600	800x600	1200x800		
Габаритные размеры стеллажей, м	4... 32					
	Н					
	l	3,4	4,0	4,6	5,2	5,8
						7,0

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

220301.2016.079.00 ПЗ

Лист

26

3.3 Описание механической части комплекса

Металлоконструкция мостового крана-штабелера состоит из пяти основных частей: моста, тележки, поворотной платформы, колонны, захвата [1].

Подвесной кран-штабелер грузоподъемности 1 т для работы в закрытом складе изображен на рисунке 3.4.

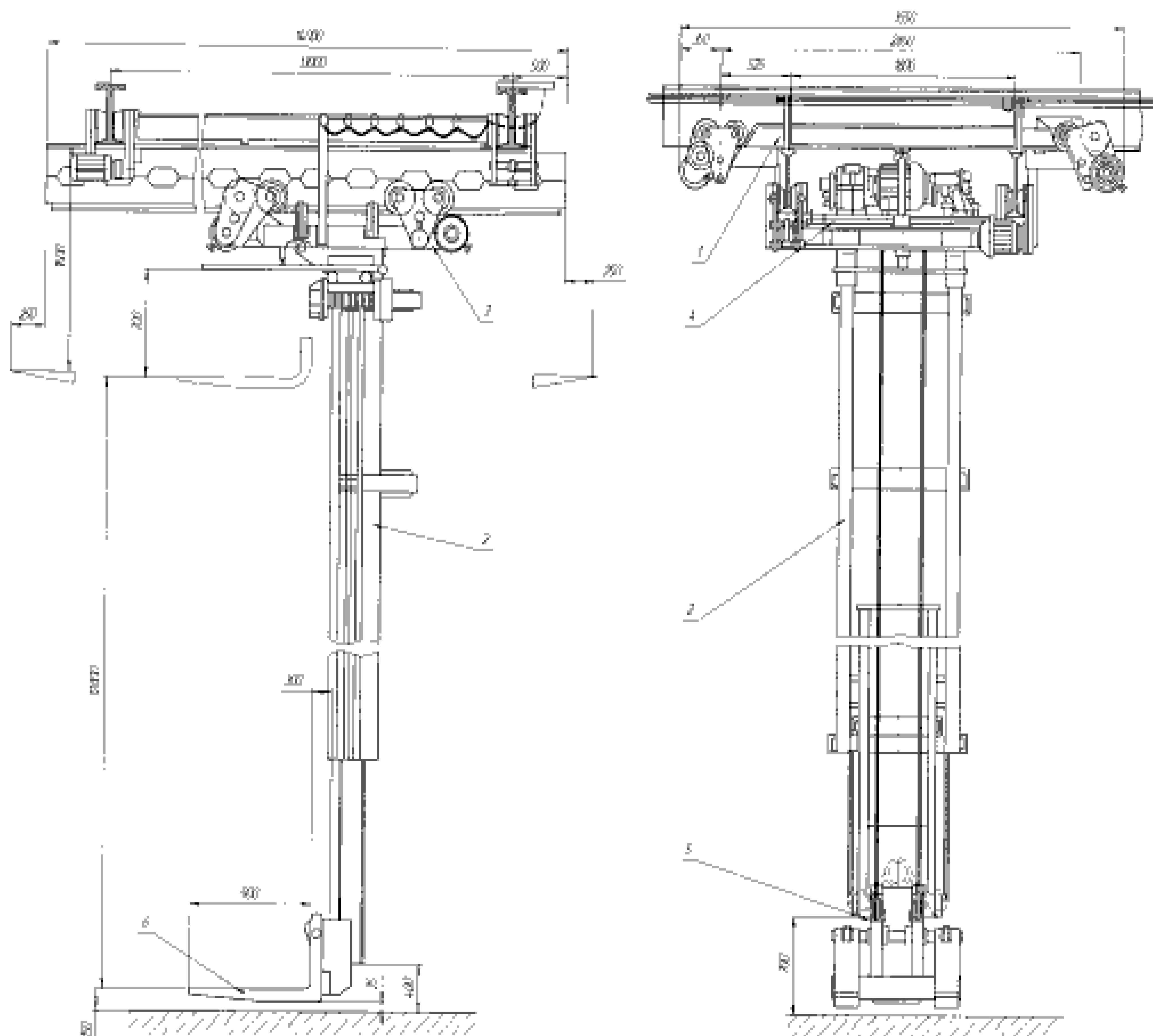


Рисунок 3.4 – Кран-штабелер

Кран состоит из следующих составных частей: моста 1, поворотной платформы 4, грузовой тележки 3, колонны 2, каретки 5, грузозахвата 6.

3.3.1 Металлоконструкция моста крана-штабелера

Мосты кранов-штабелеров принципиально не отличаются от мостов крюковых кранов и выполняются, как правило, из двух главных балок, связанных концевыми балками.

Мосты опорных кранов-штабелеров, оборудованных опорными тележками, изготавливают в виде рамы показанной на рисунке 3.5, а. Главные и концевые балки соединяют болтами или сваривают. В последнем случае для удобства

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

220301.2016.079.00 ПЗ

Лист

27

транспортирования на концевых балках предусматривают монтажные болтовые соединения. Главные балки мостов с опорными тележками делают составными или коробчатыми.

Для мостов тяжелых кранов-штабелеров, имеющих большие пролеты, применяют коробчатые главные балки, замкнутые сечения которых отличаются высокой крутильной жесткостью, что очень важно, так как на мосты кранов-штабелеров действуют большие горизонтальные нагрузки, чем на мосты крюковых кранов [2].

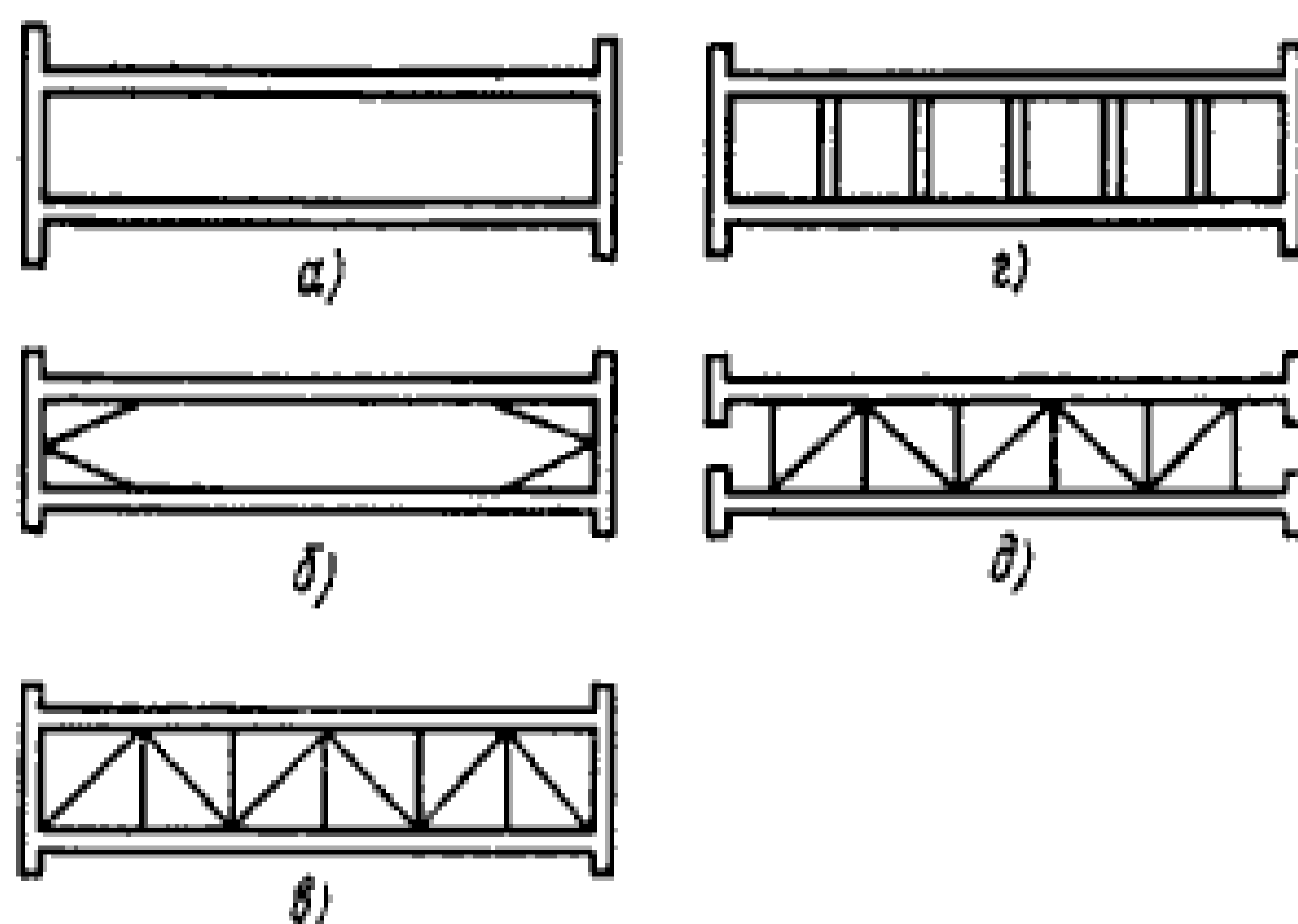


Рисунок 3.5 – Мосты кранов-штабелеров

Подвесные и опорные краны-штабелеры небольшой грузоподъемности снабжают подвесными тележками. Мосты таких кранов для увеличения горизонтальной жесткости выполняют с подкосами как показано на рисунке 3.5, б, с горизонтальной фермой на рисунке 3.5, в или рамными на рисунке 3.5, г. При этом дополнительные подкосы, горизонтальные фермы и поперечные элементы рам связывают верхние пояса главных балок. Элементы металлоконструкции моста охватывают тележку с трех сторон, создавая неудобства при обслуживании механизмов, расположенных на тележке.

Рамные мосты имеют повышенную крутильную жесткость, тележки таких кранов приходится опускать. На рисунке 3.5, д показан мост, горизонтальная жесткость которого обеспечивается горизонтальной фермой. Такая схема позволяет упростить конструкцию моста, так как он не имеет концевых балок.

Главные балки мостов с подвесными тележками выполняют из двутавровых балок. Достаточно широко применяют разрезные и составные балки. Преимуществом составных балок является значительная жесткость в вертикальной плоскости, недостатком - низкая крутильная жесткость и жесткость в горизонтальной плоскости.

Все эти решения подходят для кранов с ручным управлением, где оператор имеет возможность контролировать положение грузозахвата относительно ячейки. При этом прогиб моста двухбалочного двутаврового пролетом 15 метров с центрально расположенной максимальной нагрузкой 3 тонны составляют до 12

см. Для условий автоматического позиционирования грузозахвата это слишком большое значение. Для того чтобы обеспечить минимальный прогиб моста крана-штабелера применяют коробчатые конструкции главных балок. Они представляют собой двутавр, соединенный с трубой с помощью наклонных полос что обеспечивает передачу нагрузки на трубу по касательной к ее контуру.

При этом ширина листов из которых варится коробчатая конструкции не превышает 1,6 м при толщине листа 5...10 мм в зависимости от режима работы (при средней продолжительности включения 30% толщина листа 8мм). Для предотвращения искажения контура поперечного сечения и обеспечения устойчивости листов элементов в них периодически размещают поперечные диафрагмы.

При изготовлении коробчатых элементов их листы соединяют в полотнища(гардины) стыковыми соединениями. Стыковые швы применяют, как правило, только на крупных металлоконструкциях, в которых можно обеспечить необходимую точность сопряжения листов и возможность их сварки с двух сторон. Для конструкций средних кранов применяют привариваемые накладки. Для облегчения сборки и монтажа такие конструкции на заводе собирают с помощью контрольных болтов, а затем при окончательной сборке крана накладки приваривают. Для этого на элементах конструкции предусматривают систему бобышек с центрирующими конусами и стяжными болтами.

Используется мост, представленный на рисунке 3.6, который состоит из двух главных балок 1 двутаврового сечения, по нижним полкам которых перемещается грузовая тележка, концевых балок 2, двух приводных 3 и двух холостых 4 ходовых тележек. В горизонтальной плоскости главные балки соединены поперечинами 5 и раскосами 6.

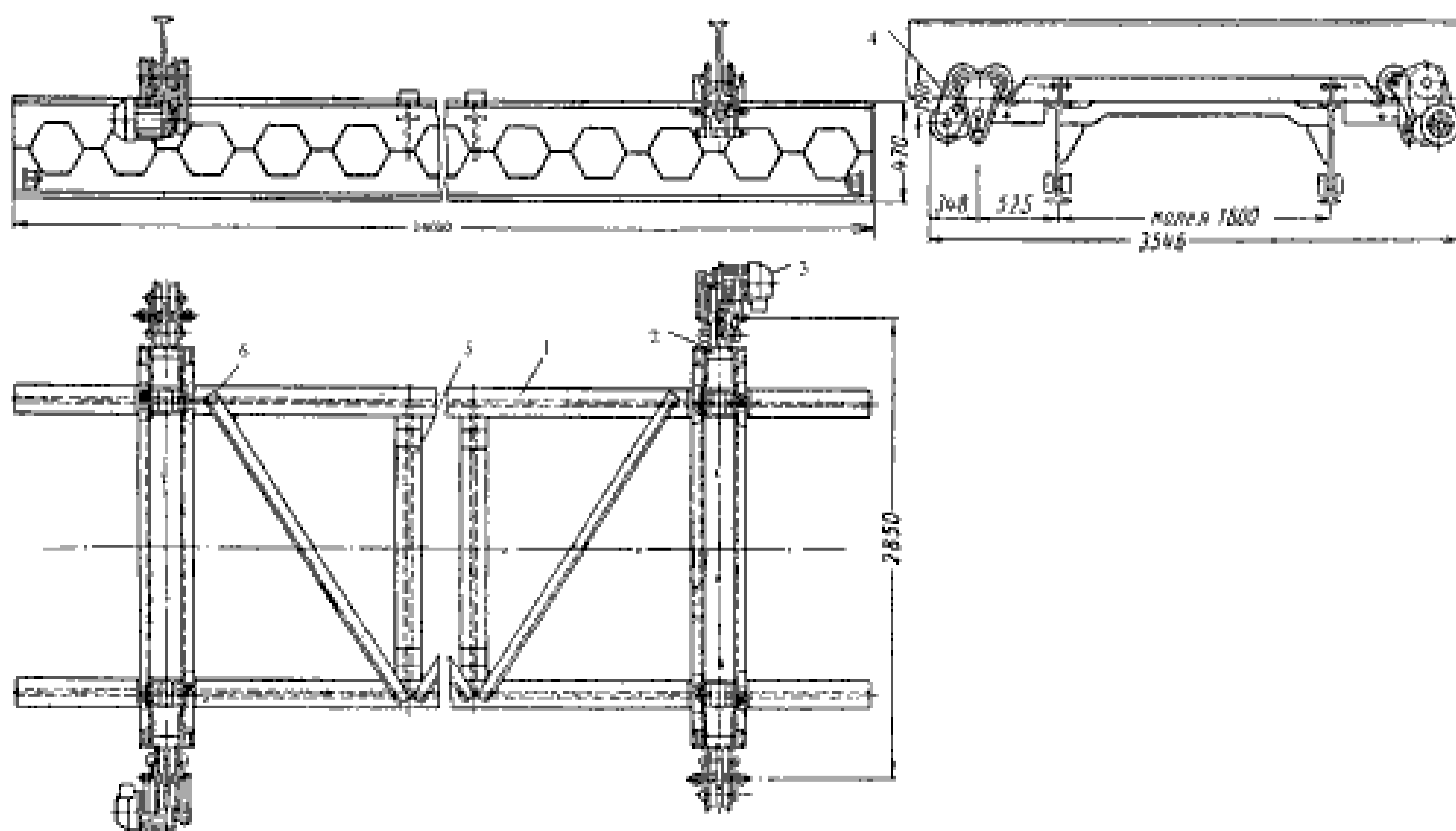


Рисунок 3.6 – Мост крана-штабелера

				220301.2016.079.00 ПЗ		Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Данная конструкция при условии правильного монтаже обеспечивает величину прогиба моста в пределах 1 см. Такое значение приемлемо для создания на его базе автоматического крана-штабелера. Так как такая конструкция не является стандартной (как и любой мостовой кран), то и приобрести его можно только предварительно согласовав с заказчиком необходимые параметры.

Предприятие ЗАО «НТЕК» г. Набережные Челны позволяет заказать такую конструкцию моста в комплекте с ходовыми колесами крана, ходовыми колесами тележки и рамой тележки. При условии монтажа крана специалистами фирмы «НТЕК», компания гарантирует прогиб моста до 1 см.

3.3.2 Конструкция тележки

Тележки кранов-штабелеров выполняют опорными или подвесными. Они представляют собой металлическую раму, на которой смонтировано опорно-поворотное устройство, несущее поворотную платформу с колонной и механизмами. Несмотря на то, что масса тележки составляет незначительную часть от массы крана, от жесткости ее зависит работа поворотного устройства и амплитуда колебаний низа колонны крана, поэтому металлоконструкция тележек должна быть достаточно жесткой.

Опорная тележка, показанная на рисунке 3.7, а, состоит из двух продольных балок, опирающихся на ходовые колеса, и металлоконструкции, которая связывает продольные балки и служит опорой для поворотного устройства. Поверхность, на которую монтируют опорно-поворотное устройство, в некоторых случаях опускают относительно продольных балок тележки. Получающееся при этом усложнение конструкции тележки компенсируется уменьшением строительной высоты крана в целом.

Подвесные тележки на рисунке 3.7, б выполняют в виде жесткой четырехугольной рамы, состоящей из двух мощных горизонтальных листов и нескольких вертикальных элементов. По углам рамы устанавливают кронштейны с горизонтальными цапфами для крепления ходовых колес.

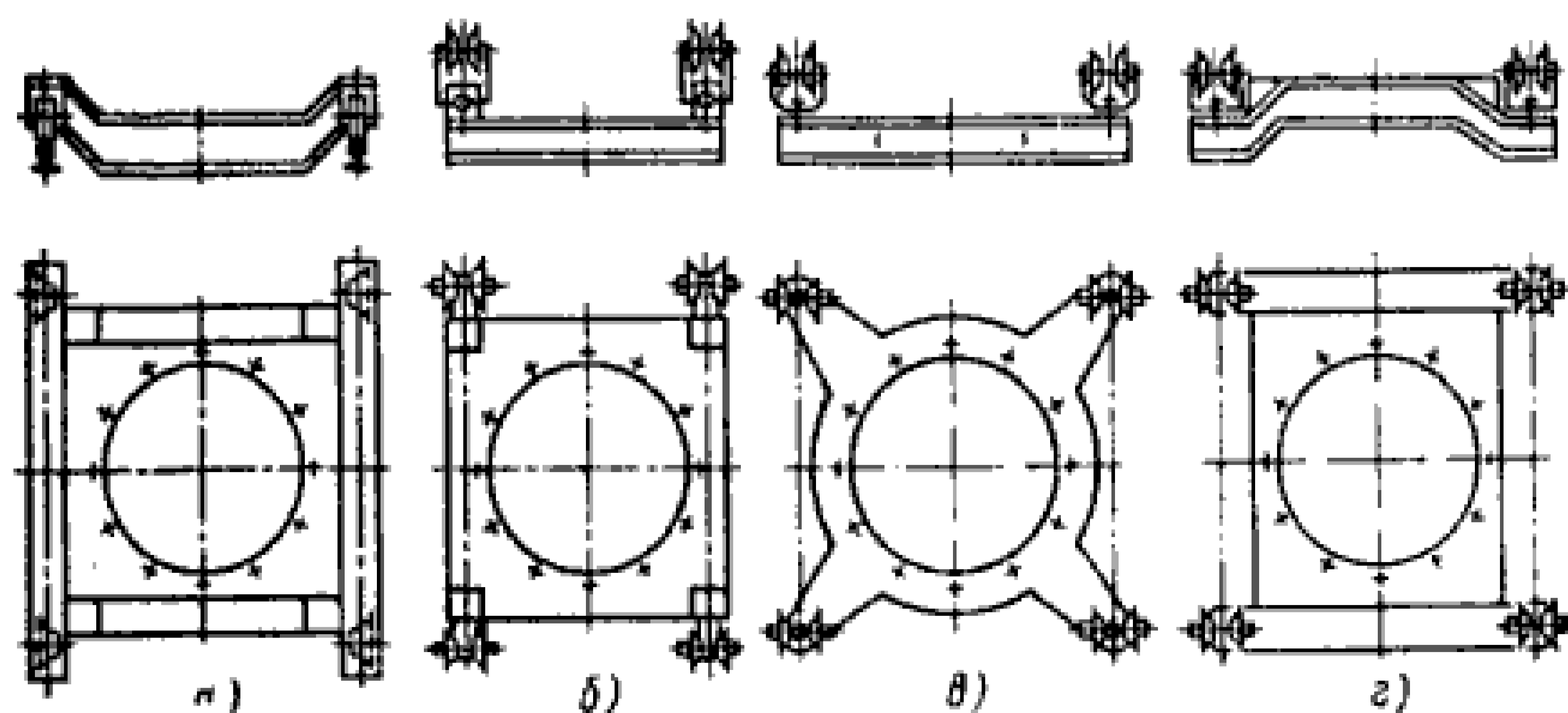


Рисунок 3.7 – Тележки мостовых кранов

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Подвесные тележки на рисунке 3.7, б выполняют в виде жесткой четырехугольной рамы, состоящей из двух мощных горизонтальных листов и нескольких вертикальных элементов. По углам рамы устанавливают кронштейны с горизонтальными цапфами для крепления ходовых колес.

Подвесные тележки, показанные на рисунке 3.7, в, выполненные в виде коробчатого кольца, к которому приварены четыре кронштейна с вертикальными цапфами для крепления ходовых кареток, не имеют преимуществ перед обычными. Чтобы уменьшить строительную высоту крана, поверхность на которую опирается опорно-поворотное устройство в подвесных тележках, стремятся поднять. При этом вводят две поперечные балки, которые изгибают в вертикальной плоскости так, чтобы их концы, служащие для крепления ходовых тележек, опустились относительно средней части, как показано на рисунке 3.7, г.

На тележке крепится приводная ходовая тележка моста, показанная на рисунке 3.8. Она включает в себя два полукорпуса 1 и 2 с закрепленными в них ходовыми колесами 3 и зубчатыми передачами 4. Шестерни последних соединены между собой валом 5 специального профиля. С одной из этих шестерен входит в зацепление шестерня 6 редуктора, быстроходная шестерня которого закреплена на валу фланцевого электродвигателя 7. Колодочный электромагнитный тормоз 8 с пружинным замыканием закреплен на корпусе редуктора, а тормозной шкив 9 — на его тихоходном валу.

Холостая ходовая тележка привода не имеет. Приводная и холостая тележки соединяются с концевыми балками моста через шаровые шарниры.

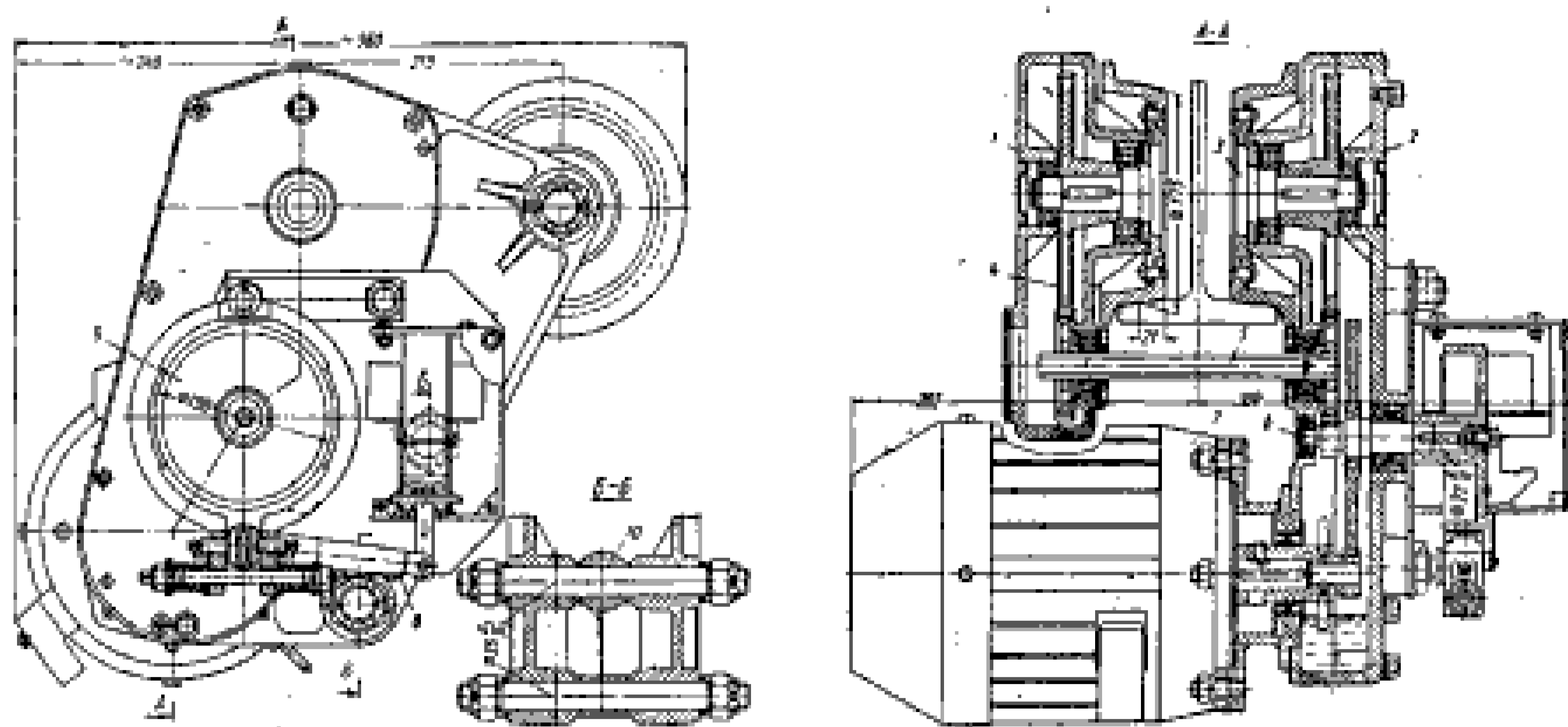


Рисунок 3.8 – Приводная ходовая тележка моста

3.3.3 Поворотная платформа

Поворотные платформы служат базой для крепления колонн. Их монтируют на опорно-поворотных устройствах. На поворотных платформах размещают механизмы подъема и поворота. Поворотные платформы воспринимают горизонтальные силы, возникающие при работе крана и от жесткости, зависит надежность работы поворотного устройства и амплитуда горизонтальных колебаний низа колонны. Конструкция поворотных платформ сложна из-за наличия несколь-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ких вертикальных отверстий для прохода грузовых канатов и вала механизма поворота.

Для обеспечения высокой жесткости поворотные платформы изготавливают из профилей металла, имеющего большое поперечное сечение, чем другие элементы металлоконструкции кранов-штабелеров [4].

На грузовой тележке, которая представляет собой раму и перемещается по главным балкам моста при помощи таких же ходовых тележек, которыми оборудован мост, смонтирована поворотная платформа, показанная на рисунке №.

Эта платформа имеет раму 1, на которой закреплены механизм поворота 2, привод механизма подъема 5, барабаны 4, поворотная опора 5 и торсионный ограничитель грузоподъемности 6. Поворотная опора представляет собой двухрядный шариковый круг, верхнее и нижнее кольца которого закреплены к раме тележки, а среднее – к раме поворотной платформы.

Механизм поворота при помощи которого происходит поворот колонны изображен на рисунке 3.9.

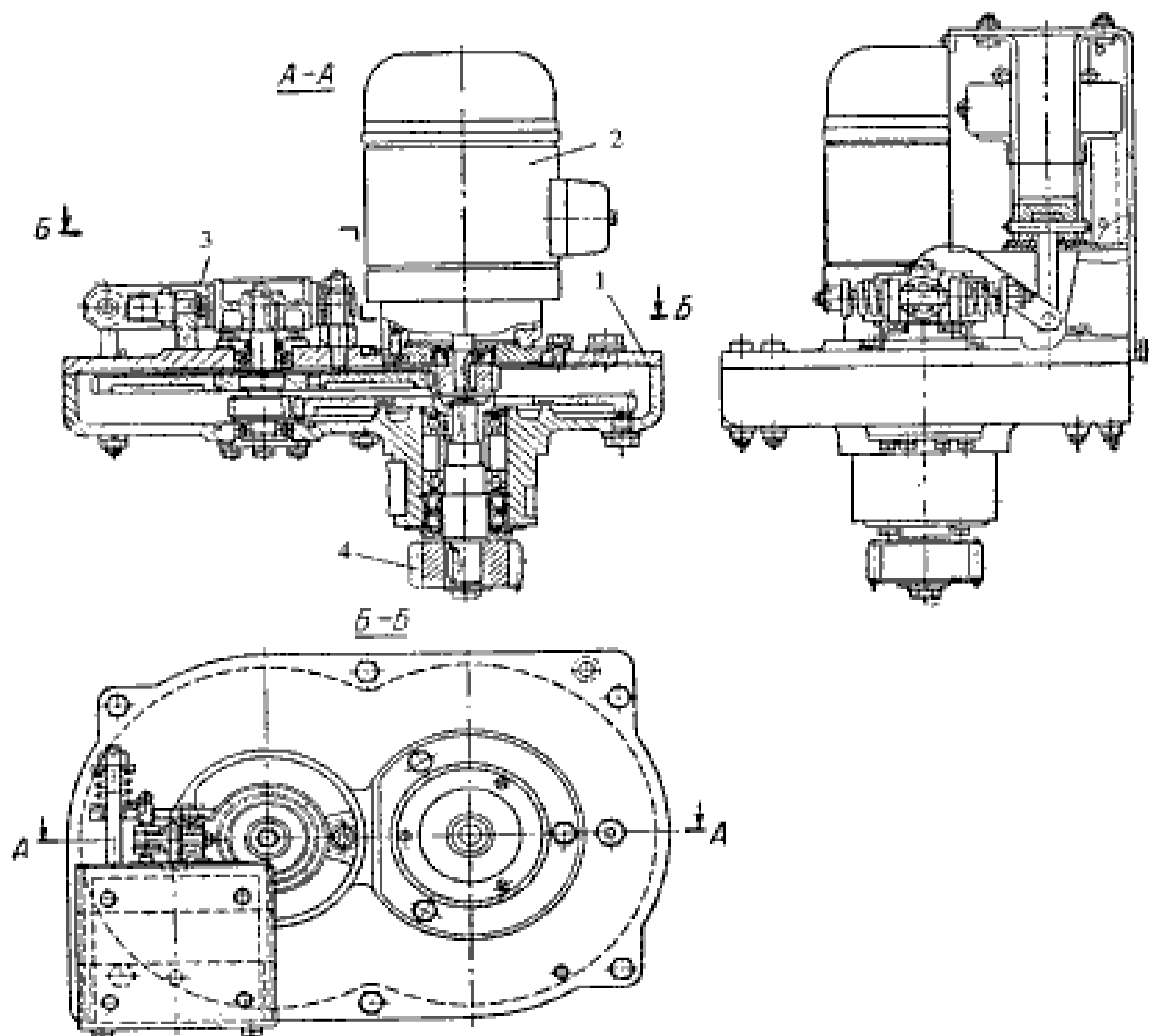


Рисунок 3.9 – Поворотная платформа

					Лист
					32
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ

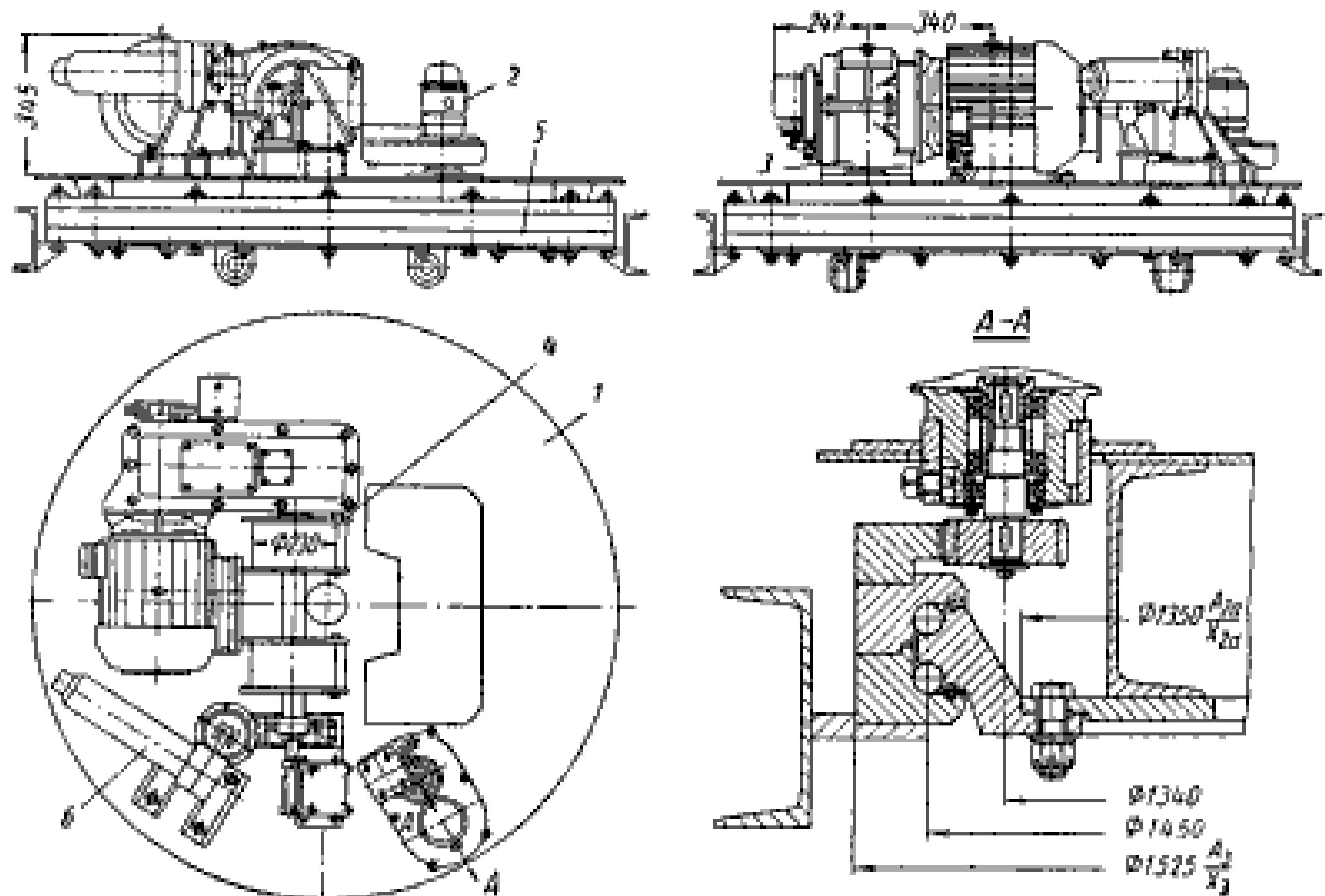


Рисунок 3.10 – Механизм поворота колонны

Он состоит из соосного двухпарного редуктора 1 с вертикальными валами, фланцевого электродвигателя 2 и колодочного электромагнитного тормоза 3 с пружинным замыканием, тормозной шкив которого закреплен на среднеходном валу редуктора. Шестерня 4, установленная на выходном валу редуктора, входит в зацепление с зубчатым венцом поворотной опоры. Привод механизма подъема состоит из редуктора и электродвигателя. На конце входного вала редуктора закреплен тормозной шкив, а электромагнитный колодочный тормоз с пружинным замыканием установлен на корпусе редуктора. Зубчатый конец выходного вала редуктора входит в зацепление с венцом одного из барабанов и является опорой вала, на котором закреплены барабаны. Вторая опора вала установлена на раме.

3.3.4 Колонны

Колонны осуществляют жесткую связь между колонной и поворотным устройством. Последние соединяют с колонной болтами или пальцами.

Колонны оборудуют направляющими, по которым движутся захваты. В качестве направляющих используют профильный прокат или специально обработанные элементы. Для колонн кранов-штабелеров с высотой подъема до 20 м целесообразно применять обработанные направляющие, а для колонн с небольшой высотой подъема - профильный прокат. По форме сечения колонны делят на открытые и закрытые. Первые применяют на кранах с грузоподъемностью до 1т, вторые на тяжелых кранах вместе с телескопическими колоннами.

На рисунке 3.11 показаны наиболее часто встречающиеся типы колонн.

Широко используют колонны с удлиненной кареткой (рисунок 3.11, а), на которой жестко закреплен вилочный захват. В верхней части каретки 1 устанавливают блок 2 или элементы крепления каната. При использовании полипласта один конец крепят на поворотной платформе в точке 3, а другой – на барабане механизма подъема 4. Колонны такой конструкции просты, но не позволяют пол-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ностью использовать высоту складского помещения под мостом крана. Их целесообразно применять для кранов в области загрузки-разгрузки напольного транспорта. Высоту подъема захвата можно увеличить, если продолжить направляющие колонны до верхней точки тележки (рисунок 3.11, б).

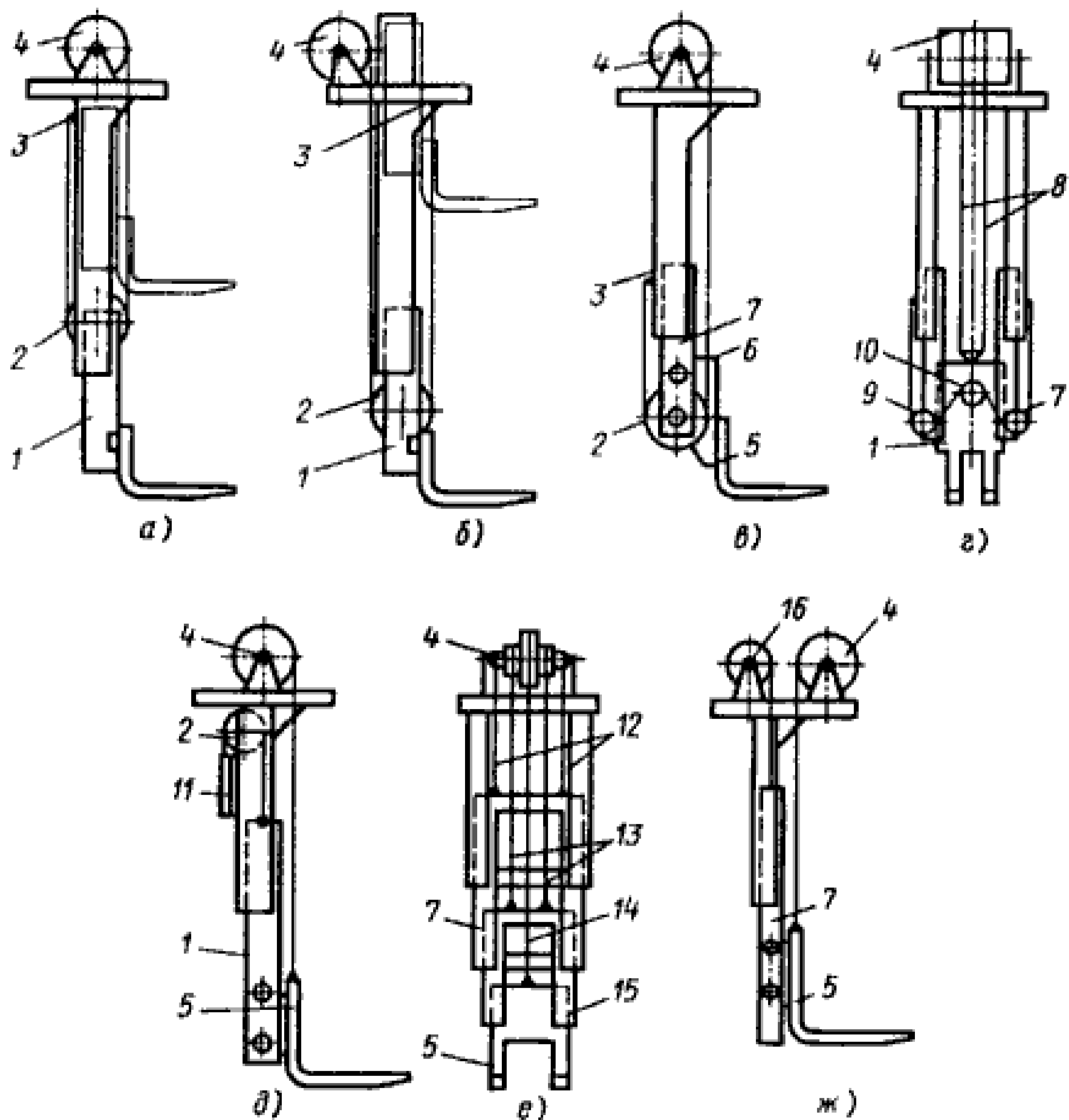


Рисунок 3.11 – Колонны кранов-штабелеров

На рисунке 3.11, в показана колонна с подъемной секцией 7, в нижней части которой размещен блок 2. Подъемный канат закреплен на жесткой секции колонны в точке 3, проходит через нижний блок и направляется к механизму подъема 4. Вилочный захват 5 связан специальным зажимом 6 с подъемным канатом. При работе механизма подъема одновременно перемещаются вверх захват и подъемная секция, причем скорость захвата вдвое больше, чем подъемной секции.

Колонна на рисунке 3.11, г отличается тем, что для подъема каретки 1 и подвижной секции 7 применены разные канаты: для каретки канат 8, наматывающийся на барабан подъемного механизма 4, а для подвижной секции канат 9, за-

крепленный на жесткой секции колонны. Канат 9 перекинут через блок 10, установленный на каретке.

В некоторых случаях секцию уравнивают подвижным противовесом 11 (рисунок 3.11, д). Секцию и противовес соединяют канатом, перекинутым через блок 2. Механизм подъема 4 при этом соединяют с вилочным захватом 5. Масса противовеса должна быть больше массы подвижной секции, но меньше суммарной массы секции и вилочного захвата.

При такой конструкции уменьшается мощность привода механизма подъема, однако увеличивается масса системы и требуется тщательная пригонка подъемной и неподъемной секции вилочного захвата, так как при опускании пустого захвата может возникнуть заедание [6].

Реже применяются многоступенчатые телескопические колонны (рисунок 3.11, е), в которых каждая подъемная секция и захват связаны непосредственно с механизмом подъема 4. Барабан механизма выполняется ступенчатым, так что часть барабана наибольшего диаметра связана канатом 14 с захватом 5, а части меньших диаметров – канатами 12 и 13 соответственно с подъемными секциями 7 и 15. Колонна позволяет максимально поднять нижнюю точку крана над уровнем пола, но есть трудности с неравномерной слабиной каната и сложности подбора барабана привода.

Применяются колонны производства ФРГ (рисунок 3.11, ж), снабженные не только механизмом подъема 4 груза, но и механизмом 16 подъема секции 7 колонны. Вилочный захват 5 при подъеме движется вместе с подъемной секцией до достижения ей верхнего положения.

Колонна, используемая в нашем комплексе, изображена на рисунке 3.12. Она телескопическая и состоит из двух частей: неподвижной (каретки) 1 и подвижной 2. Последняя передвигается в направляющих 3 на четырех катках 4 и удерживается от боковых смещений роликами 5. Канат 6, закрепленный к неподвижной части колонны, огибает блоки 7 и при воздействии на канат блока каретки перемещает подвижную часть колонны вверх.

3.3.5 Грузозахват

Захваты кранов-штабелеров независимо от типа крепят к каретке грузоподъемника, представляющий собой жесткую конструкцию, перемещающуюся по колонне в вертикальном положении.

Каретка снабжена необходимым количеством роликов для передачи нагрузок на колонну: например, четыремя коническими, цилиндрическими или фасонными роликами, воспринимающими момент от груза, и четыремя бочкообразными роликами, воспринимающими дополнительные нагрузки. Захваты кранов-штабелеров, укладываемых груз в стеллажи, должны быть рассчитаны на зацепление за стеллаж при подъеме. Грузозахватные устройства кранов-штабелеров не рассчитаны на силовое внедрение под груз.

Конструкция грузозахватного устройства крана-штабелера зависит от условий работы и вида груза.

При работе с грузами, уложенными на поддоны, в контейнеры или специальную тару, а также с длинномерными грузами краны-штабелеры оборудуют ви-

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

лочными захватами. Последние имеют несколько исполнений, однако их объединяет общий признак – наличие плоских Г-образных захватов (вил), закрепленных на раме грузоподъемника.

Обычно вилочный захват имеет пару вилок расстояние между которыми может меняться в некоторых пределах с помощью винта с правой или левой нарезкой. Такие вилы изображены на рисунке 3.13, а.

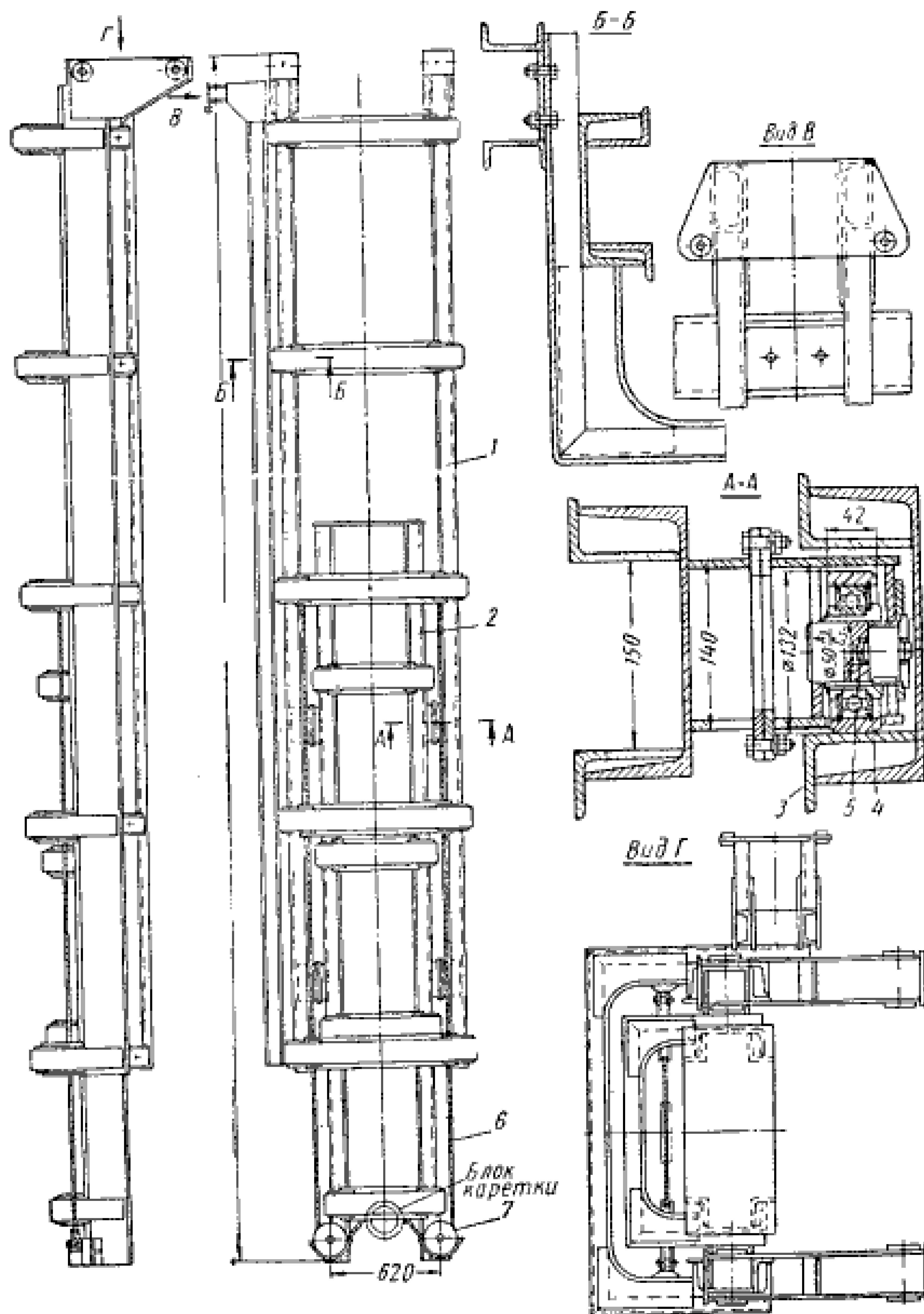


Рисунок 3.12 – Колонна крана

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

220301.2016.079.00 ПЗ

Лист

36

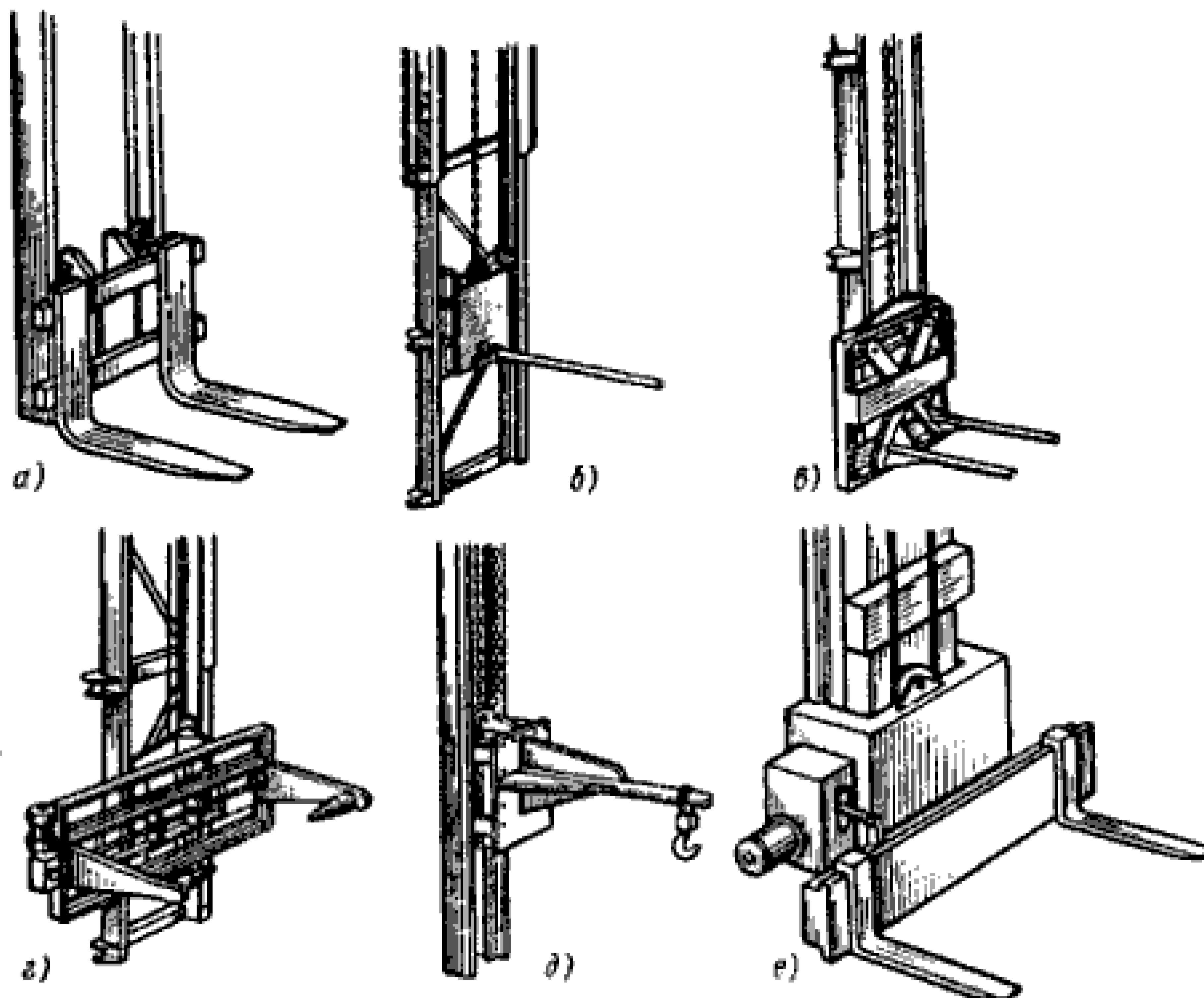


Рисунок 3.13 – Грузозахватные устройства

Для работы с конкретными грузами используют специальные захваты: штыревой, двухштыревой, торцовый, стрелу с крюком. Все они также изображены на рисунке 3.13 с б по д соответственно. Вилочные захваты тяжелых кранов-штабелеров можно оборудовать механизмом, изменяющим угол наклона вил к горизонту. Такая конструкция, изображенная на рисунке 3.13, е, позволяет улучшить устойчивость грузов при транспортировке.

Мы применяем грузозахват типа вилы, подобный представленному на рисунке 3.13, а. При этом длина вил составляет 800 мм, а расстояние между зубьями варьируется в пределах значений 400...600. Это обусловлено размерами ячейки стеллажа и размерами применяемой тары.

3.4 Расчет элементов конструкции

3.4.1 Механизм подъема

Кинематическая схема механизма подъема показана на рисунке 3.14. По данной схеме производится расчет механизма подъема.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

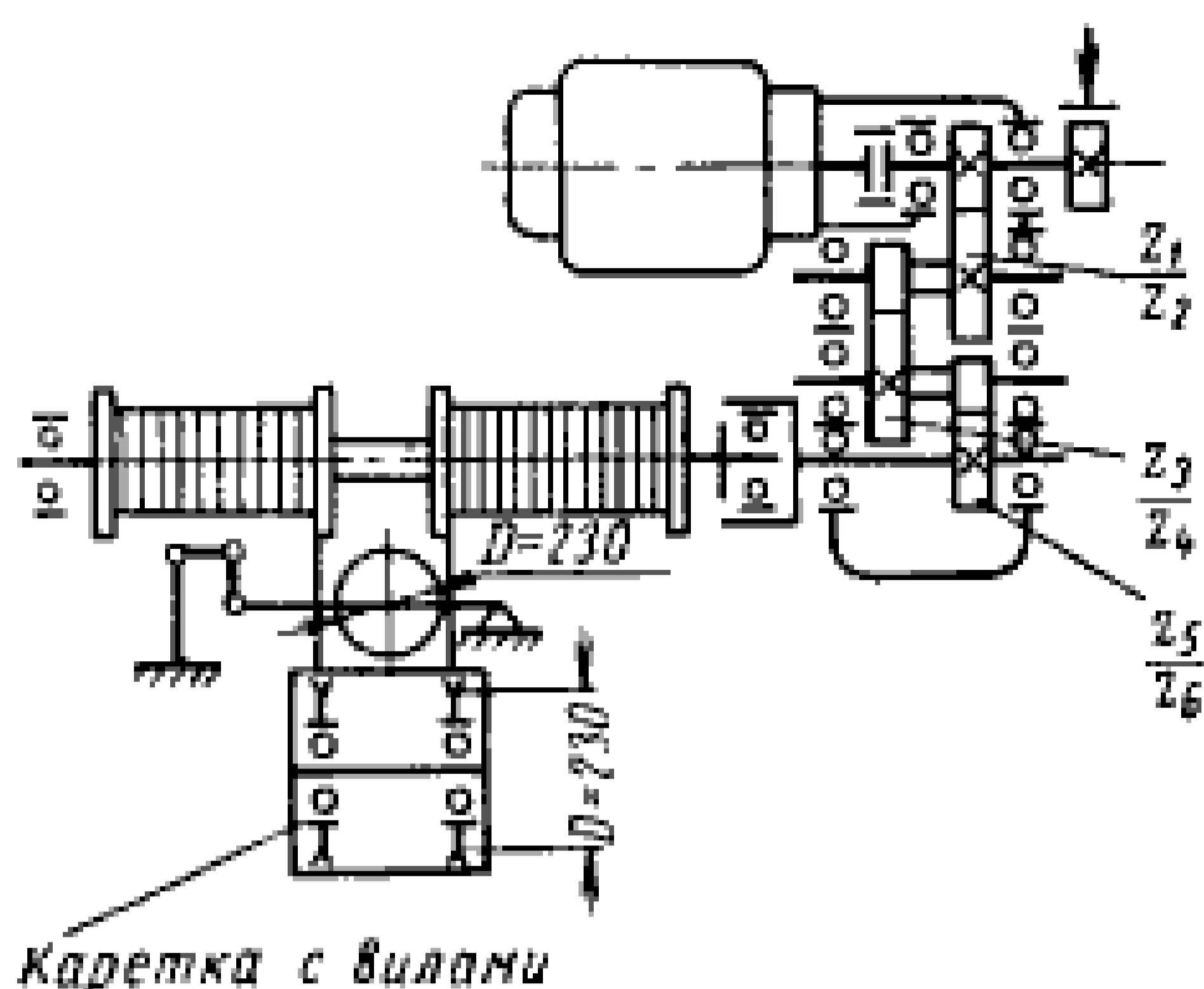


Рисунок 3.14 – Кинематическая схема механизма подъема

Максимальное натяжение каната двукратного сдвоенного полиспаста при подъеме каретки с грузом 1т

$$S_{\max} = \frac{(Q + G_k)}{a} \cdot \frac{1 - n_{\text{бл}}}{1 - n_{\text{бл}}^m} \cdot g = \frac{1000 + 510}{2} \cdot \frac{1 - 0,97}{1 - 0,97^2} = 3832 \text{ Н,}$$

где $a = 2$ – количество полиспастов;

$m = 2$ – кратность полиспаста;

$n_{\text{бл}} = 0,97$ – к.п.д. блока;

$Q = 1000$ кг – грузоподъемность крана;

$G_k = 510$ кг – вес каретки и подвижной части колонны.

Согласно ГОСТ 29321-92 «Краны-штабелеры мостовые. Основы расчета» при среднем режиме работы ($PВ = 30\%$) запас прочности каната (k_k) должен быть не менее 5,5. Тогда разрывное усилие каната:

$$P_k \geq S_{\max} \cdot k_k = 3832 \cdot 5,5 = 21076 \text{ Н.}$$

Принимается канат типа ЛК-Р по ГОСТу 2688—88 диаметром 9,5 мм, имеющий при расчетном пределе прочности на растяжение 170 кг/мм^2 разрывное усилие $P_k = 2190 \text{ кг}$.

На барабан канат навивается в два слоя. Материал барабана - чугун СЧ 15-32. Напряжение сжатия, возникающее в стенке барабана при навивке каната

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{S_{\max}}{t_{\delta} \cdot \delta} \cdot A = \frac{382 \cdot 1,82}{0,95 \cdot 1,4} = 523 \text{ кг/см}^2,$$

где $t_{\delta} = 0,95 \text{ см}$ — шаг навивки каната;

				Лист	
				38	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ

$\xi = 1,4$ см — толщина стенки барабана.

Коэффициент, зависящий от числа слоев навивки каната

$$A = 1 + \frac{1}{1 + \lambda} = 1 + \frac{1}{1 + 0,22} = 1,82,$$

где

$$\lambda = \frac{E_k \cdot F_k}{E_\delta \cdot F_\delta} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 0,366}{1 \cdot 10^6 \cdot 1,33} = 0,22,$$

$E_k = 8 \cdot 10^5$ кг/см² — модуль упругости каната;

$F_k = 0,366$ см² — площадь поперечного сечения каната;

$E_\delta = 1 \cdot 10^6$ кг/см² — модуль упругости материала барабана;

$F_\delta = t_\delta \cdot \xi = 0,95 \cdot 1,4 = 1,33$ см² — площадь сечения барабана в продольном направлении под канатом.

Запас прочности стенки барабана

$$k = \frac{\sigma_b}{\sigma_{сж}} = \frac{6000}{523} = 11,5 \geq 4,25,$$

где $\sigma_b = 6000$ кг/см² — предел прочности для чугуна СЧ 15-32;

$\sigma_{сж} = 4,25$ — минимальный запас прочности для чугунных барабанов.

Расчетная мощность электродвигателя

$$P = \frac{(Q + G_k) \cdot v \cdot g}{\eta_b \cdot 60} = \frac{(1000 + 510) \cdot 6 \cdot 9,81}{0,85 \cdot 60} = 1776 \text{ Вт} = 1,77 \text{ кВт},$$

где $v = 6$ м/мин — скорость подъема;

$\eta_o = 0,85$ — общий КПД механизма.

Расчетное число оборотов барабана при установившейся скорости

$$n_\delta = \frac{m \cdot v}{\pi D_n} = \frac{2 \cdot 6}{3,14 \cdot 0,249} = 15,4 \text{ об/мин},$$

где D_n — средний диаметр навивки каната

$$D_n = D_\delta + 2 \cdot d_k = 230 + 2 \cdot 7,5 = 249 \text{ мм},$$

$D_\delta = 230$ мм — диаметр барабана;

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$d_k = 7,5$ – диаметр каната.

В приводе механизма подъема установлен редуктор с передаточным числом

$$i_p = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_6}{z_5} = \frac{73}{17} \cdot \frac{86}{13} \cdot \frac{86}{13} = 185.$$

Номинальная частота вращения двигателя равна

$$n_{дв} = i_o \cdot n = 185 \cdot 15,4 = 2850 \text{ об/мин.}$$

Необходимый тормозной момент

$$M_T = k_T \cdot M_C^T = 1,75 \cdot 4,32 = 7,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $k_T = 1,75$ – коэффициент запаса торможения для среднего режима работы, принимаемый по ГОСТ 29321-92 Краны-штабелеры мостовые основы расчета [5].

M_C^T – статический крутящий момент на тормозном валу с учетом потерь в механизме, способствующих удержанию груза

$$M_C^T = \frac{(Q + G_k) \cdot D_n \cdot \eta_b \cdot g}{2 \cdot m \cdot i_p} = \frac{(1000 + 510) \cdot 0,249 \cdot 0,85 \cdot 10}{2 \cdot 2 \cdot 162} = 4,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

На приводе механизма подъема установлен колодочный тормоз, максимальный тормозной момент у которого 12 Нм, который обеспечивает неподвижность стоянки.

3.4.2 Механизм передвижения тележки

На рисунке 3.15 показаны схемы нагружения ходовых тележек (обозначены А, В, С, D) при различных положениях вила с грузом.

Анализ схем показывает, что наибольшие нагрузки на колеса ходовых тележек возникают при расположении вила по диагонали грузовой тележки [8]. При этом нагрузки R_a , R_b , R_c , R_d на ходовые тележки будут:

$$R_a = \left(Q \cdot \frac{(1400 - 270) \cdot (1800 - 350)}{1400 \cdot 1800} + 0,25 \cdot G_1 + G_2 \cdot \frac{485 \cdot 625}{1400 \cdot 1800} \right) \cdot g = (2070 + 420 + 245) \cdot 10 = 27350 \text{ Н}$$

$$R_b = \left(Q \cdot \frac{270 \cdot (1800 - 350)}{1400 \cdot 1800} + 0,25 \cdot G_1 + G_2 \cdot \frac{(1400 + 485) \cdot 625}{1400 \cdot 1800} \right) \cdot g = (500 + 420 + 315) \cdot 10 = 12350 \text{ Н}$$

$$R_c = \left(Q \frac{270 \cdot 350}{1400 \cdot 1800} + 0,25 \cdot G_1 + G_2 \cdot \frac{(1400 - 485) \cdot (1800 - 625)}{1400 \cdot 1800} \right) \cdot g = (115 + 420 + 610) \cdot 10 = 11450 \text{ Н}$$

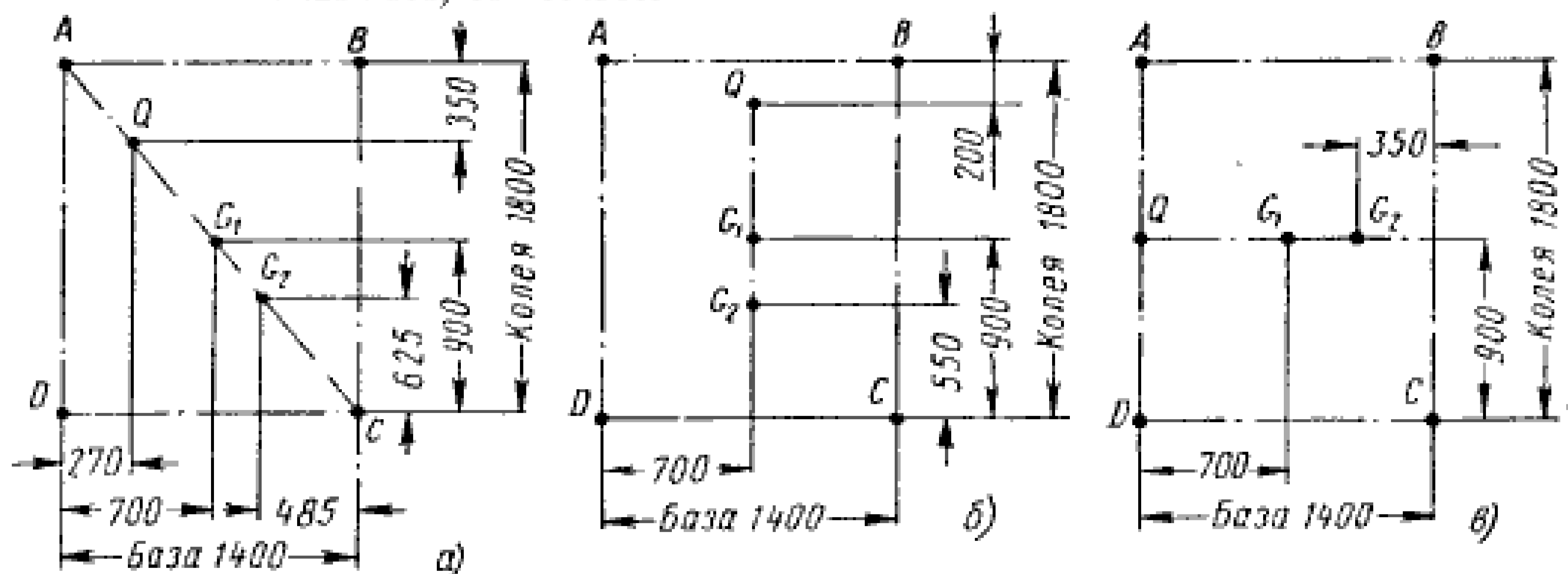


Рисунок 3.15 – Схемы нагружения ходовых тележек: а – вилы установлены по диагонали грузовой тележки; б – вилы установлены поперек грузовой тележки; в – вилы установлены вдоль грузовой тележки. На схемах приняты обозначения: G_1 – вес грузовой тележки; G_2 – вес колонны каретки. Центр тяжести груза Q расположен посередине длины вил

$$R_d = \left(Q \frac{(1400 - 270) \cdot 350}{1400 \cdot 1800} + 0,25 \cdot G_1 + G_2 \cdot \frac{485 \cdot (1800 - 625)}{1400 \cdot 1800} \right) \cdot g = (500 + 420 + 315) \cdot 10 = 12350 \text{ Н}$$

Сопротивление передвижению тележки с грузом, приведенное к ободу ходового колеса

$$W_{\text{пер}} = \frac{Q + G_T}{D_{\text{х.к.}}} \cdot (2 \cdot f_4 + f_3) \cdot d_n \cdot k_p = \frac{1000 + 4150}{17,5} \cdot (2 \cdot 0,03 + 0,015) \cdot 4 \cdot 1,5 = 1324 \text{ Н,}$$

где $G_T = 4150$ кг – вес тележки;

$D_{\text{х.к.}} = 17,5$ см – диаметр ходовых колес;

$f_4 = 0,03$ – коэффициент трения качения;

$f_3 = 0,015$ – коэффициент трения в подшипниках ходовых колес;

$d_n = 4$ см – диаметр вала ходового колеса;

$k_p = 1,5$ – коэффициент реборд.

Необходимая номинальная мощность электродвигателя

$$P_{\text{ном}} = \frac{W_{\text{пер}} \cdot v_k}{60 \cdot \eta_0} = \frac{1324 \cdot 30}{60 \cdot 0,85} = 4225 \text{ Вт} = 4,2 \text{ кВт,}$$

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

где $v_k = 30$ м/мин – скорость передвижения крана;

$\eta_o = 0,85$ – общий КПД механизма.

На тележке установлен редуктор с передаточным числом

$$i_p = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{74}{19} \cdot \frac{95}{14} = 26,3.$$

При этом чтобы достичь расчетной скорости передвижения крана частота вращения двигателя должна быть

$$n_{дв} = \frac{v_k \cdot i_p}{D_{х.к.} \cdot \pi} = \frac{30 \cdot 26,3}{0,175 \cdot 3,14} = 1440 \text{ об/мин.}$$

3.4.3 Механизм поворота

Кинематическая схема механизма поворота представлена на рисунке 3.16.

Статический момент сопротивления повороту

$$M_{\text{стат}} = M_{\text{тр}} = 2707 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $M_{\text{тр}}$ – момент от сил трения в подшипниках.

$$M_{\text{тр}} = G_{\text{пов}} \cdot g \cdot f \cdot \frac{d}{2} = 4150 \cdot 10 \cdot 0,09 \cdot \frac{1,45}{2} = 2707 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

здесь $G_{\text{пов}} = 4150$ кг – вес поворотной части с грузом;

$f = 0,09$ – коэффициент трения в подшипниках;

$d = 1,45$ м – диаметр шарикового круга поворотной платформы.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

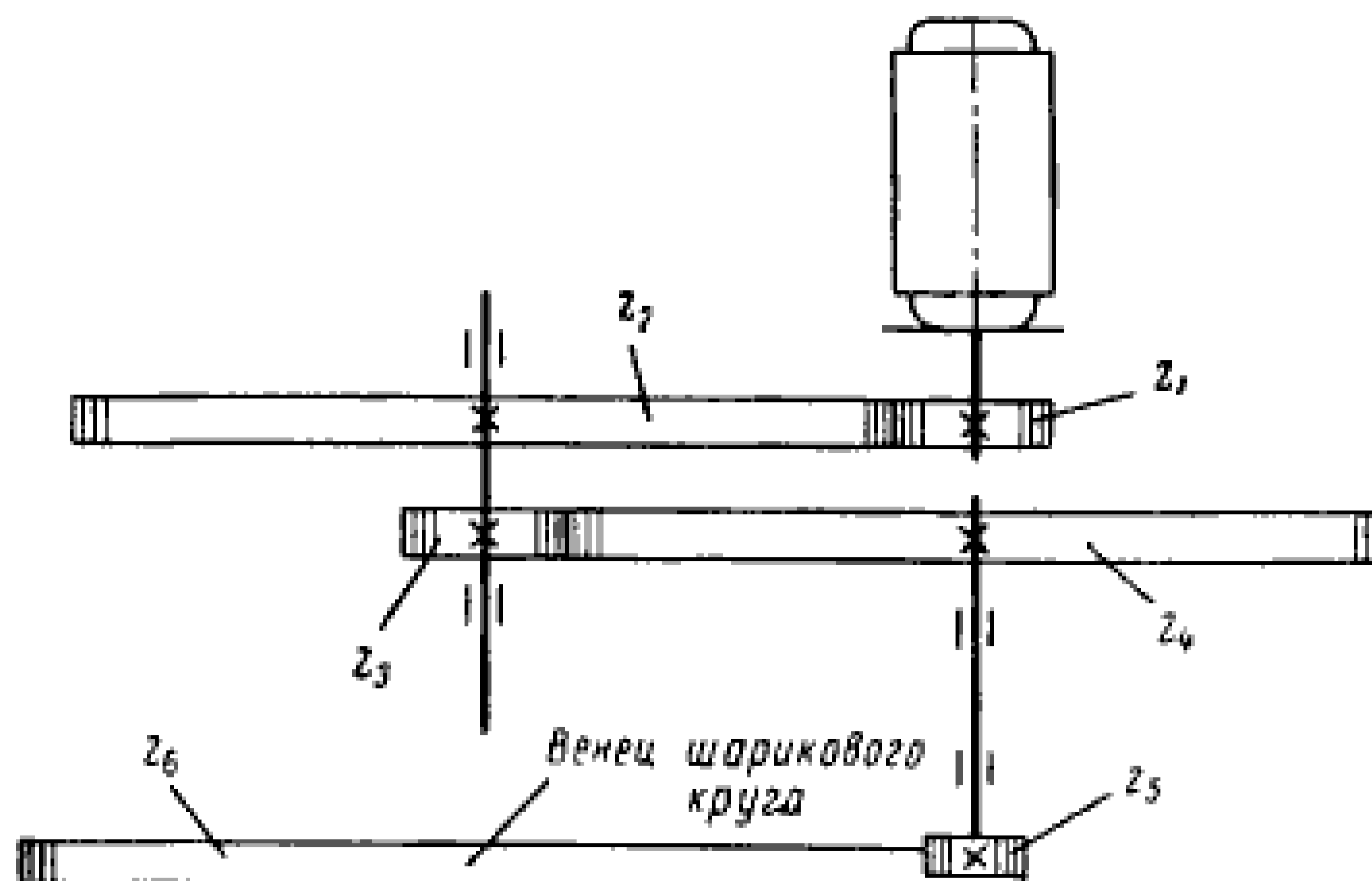


Рисунок 3.16 – Кинематическая схема механизма поворота

Расчетная мощность электродвигателя

$$P = \frac{M_{\text{стат}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{\eta_0 \cdot 60} = \frac{2707 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 6}{0,7 \cdot 60} = 1214 \text{ Вт} = 1,2 \text{ кВт},$$

где $n=6$ об/мин – число оборотов колонны;

$\eta_0 = 0,7$ – общий КПД механизма.

На механизме поворота установлен редуктор, который вместе с зубчатой передачей опорно-поворотного типа обеспечивает передаточное число

$$i_o = \frac{z2}{z1} \cdot \frac{z4}{z3} \cdot \frac{z6}{z5} = \frac{100}{23} \cdot \frac{106}{19} \cdot \frac{354}{19} = 375.$$

Номинальная частота вращения двигателя равна

$$n_{\text{дв}} = i_o \cdot n = 375 \cdot 6 = 2250 \text{ об/мин},$$

где $i_o = 375$ – передаточное число редуктора;

$n = 6$ об/мин – скорость вращения колонны.

3.4.4 Механизм передвижения крана

Механизм передвижения крана включает четыре ходовые тележки: две приводные, расположенные по диагонали моста, две холостые.

При расчете механизма передвижения принимают положение тележки на расстоянии $1/3$ длины моста от одной из концевых балок. На рисунке 3.17 представлена схема для расчета нагрузок, где приняты следующие обозначения: T_A и

T_C – нагрузки на холостые, T_B и T_D – нагрузки на приводные тележки моста, R_A, R_B, R_C, R_D – нагрузки на мост от ходовых тележек грузовой тележки. Вес моста $G_M = 3000$ кг.

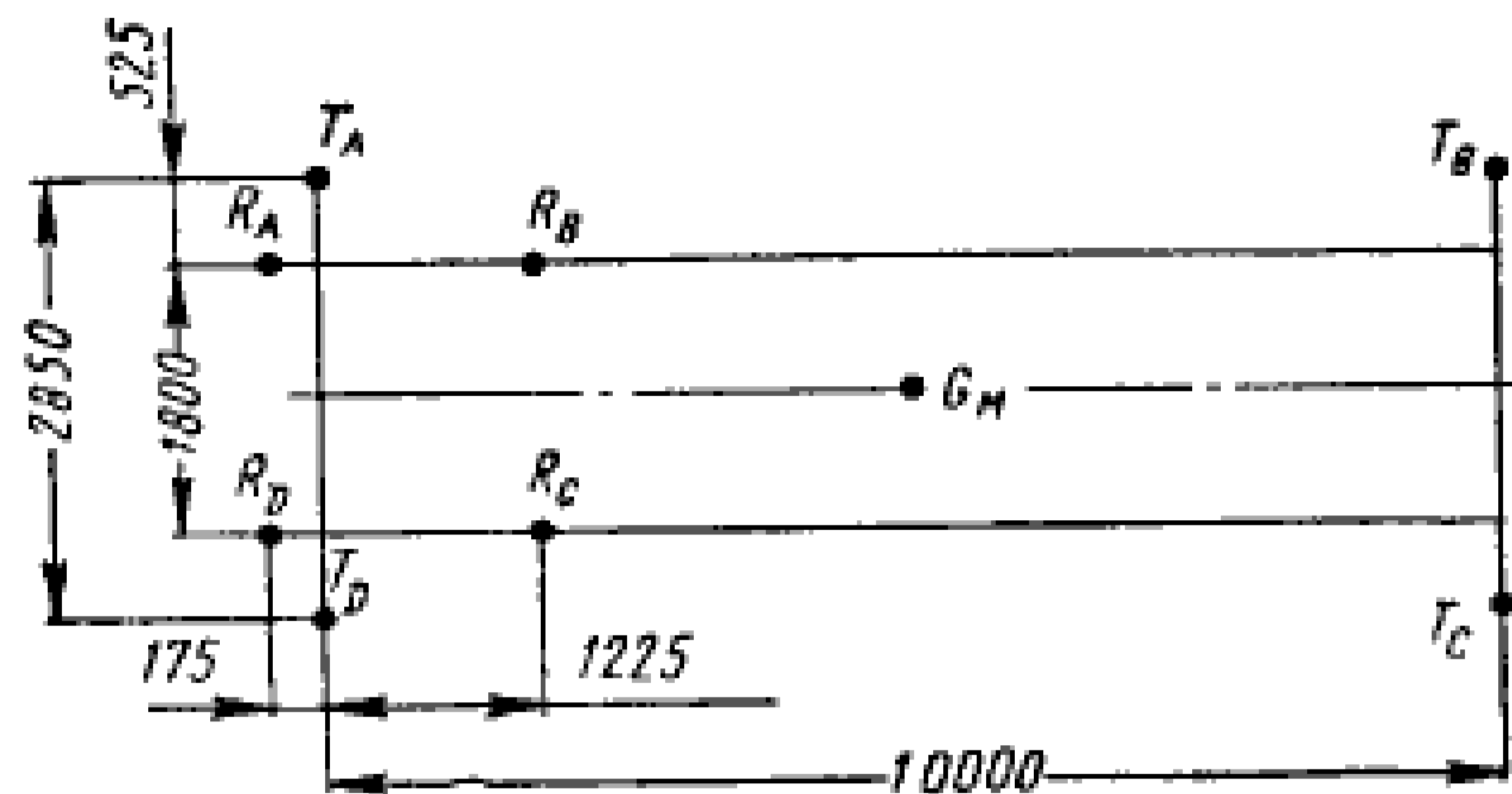


Рисунок 3.17 – Схема к расчету ходовой тележки

Нагрузки на ходовые тележки моста

$$T_A = R_A \cdot \frac{(10000+175) \cdot (2850-525)}{10000 \cdot 2850} + R_B \cdot \frac{(10000-1225) \cdot (2850-525)}{10000 \cdot 2850} + R_C \cdot \frac{(10000-1225) \cdot 525}{10000 \cdot 2850} + R_D \cdot \frac{(14000+175) \cdot 525}{14000 \cdot 2850} + \frac{G_M}{4} \cdot g =$$

$$= 22400 + 8900 + 1850 + 2200 + 7500 = 42,9 \text{ кН}$$

$$T_B = R_A \cdot \frac{175 \cdot (2850 - 525)}{10000 \cdot 2850} + R_B \cdot \frac{1225 \cdot (2850 - 525)}{10000 \cdot 2850} + R_C \cdot \frac{1225 \cdot 525}{10000 \cdot 2850} - R_D \cdot \frac{175 \cdot 525}{10000 \cdot 2850} + \frac{G_M}{4} \cdot g =$$

$$+ 1250 + 250 + 7500 = 9 \text{ кН}$$

$$T_C = -R_A \cdot \frac{175 \cdot 525}{10000 \cdot 2850} + R_B \cdot \frac{1225 \cdot 525}{10000 \cdot 2850} + R_C \cdot \frac{1225 \cdot (2850 - 525)}{10000 \cdot 2850} - R_D \cdot \frac{175 \cdot (2850 - 525)}{10000 \cdot 2850} + \frac{G_M}{4} \cdot g =$$

$$= 250 + 1150 + 7500 = 8,9 \text{ кН}$$

$$T_D = R_A \cdot \frac{(10000+175) \cdot 525}{10000 \cdot 2850} + R_B \cdot \frac{(10000-1225) \cdot 525}{10000 \cdot 2850} + R_C \cdot \frac{(10000-1225) \cdot (2850-525)}{10000 \cdot 2850} + R_D \cdot \frac{(10000+175) \cdot (2850-525)}{10000 \cdot 2850} + \frac{G_M}{4} \cdot g =$$

$$= 4950 + 1950 + 8200 + 7500 + 10150 = 32,75 \text{ кН}$$

На каждой ходовой тележке установлено по четыре колеса. Наибольшая нагрузка на одно колесо тележки

				Лист	
				220301.2016.079.00 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	44

$$P_c = \frac{T_A}{4} = \frac{42,9 \cdot 10^3}{4} = 10730 \text{ Н.}$$

Для напряжения при точечном контакте колеса с рельсом должно выполняться следующее условие

$$\sigma_s = k \cdot k_r \sqrt[3]{\frac{P \cdot E^2}{R_1^2}} \leq [\sigma_s] \quad (3.1)$$

где k – коэффициент, зависящий от отношения R_1 и R_2 , для случая контакта сферического обода колеса с плоским рельсом $k = 1$.

$$R_2 = \frac{D_k}{2} = \frac{175}{2} = 87,5 \text{ мм} = 0,088 \text{ м} \text{ – радиус колеса;}$$

$k_r = 1,05$ – коэффициент, учитывающий влияние силы трения;

$E = 2,1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$ – модуль упругости.

Расчетная нагрузка

$$P = k_d \cdot k_n \cdot P_c = 1 \cdot 2 \cdot 10730 = 21460 \text{ Н,}$$

где $k_d = 1$ – коэффициент динамичности, учитывающий влияние вертикальной нагрузки;

$k_n = 2$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки по ширине рельса.

Допускаемое напряжение при точечном контакте

$$[\sigma_{s,0}] = 0,25 \cdot \text{HB} = 0,25 \cdot 285 = 71,2 \text{ кг/мм}^2 = 7120 \text{ кг/см}^2 = 7120 \text{ кН/м}^2,$$

где $\text{HB} = 285 \dots 300$ – твердость обода колеса, изготовленного из стали 35 нормализованной.

Напряжение при точечном контакте колеса с рельсом

$$\sigma_s = 1 \cdot 1,05 \sqrt[3]{\frac{21460 \cdot 2,1 \cdot 10^9}{0,088^2}} = 188864 \text{ кН/м}^2 \leq [\sigma_{s,0}] = 7120000 \text{ Н/м}^2.$$

Сопротивление передвижению крана с грузом, приведенное к ободу ходового колеса

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ				

$$W_{\text{пер}} = \frac{Q + G_{\text{кр}}}{D_{\text{х.к.}}} \cdot (2 \cdot f_4 + f_3) \cdot d_n \cdot k_p =$$

$$= \frac{1000 + 6600}{17,5} \cdot (2 \cdot 0,03 + 0,015) \cdot 4 \cdot 1,5 = 6880 \text{ Н,}$$

где $G_{\text{кр}} = 6600 \text{ кг}$ – вес крана;

$D_{\text{х.к.}} = 17,5 \text{ см}$ – диаметр ходовых колес;

$f_4 = 0,03$ – коэффициент трения качения;

$f_3 = 0,015$ – коэффициент трения в подшипниках ходовых колес;

$d_n = 4 \text{ см}$ – диаметр вала ходового колеса;

$k_p = 1,5$ – коэффициент реборд.

На кране установлены две приводные тележки. Их кинематическая схема показана на рисунке 3.18.

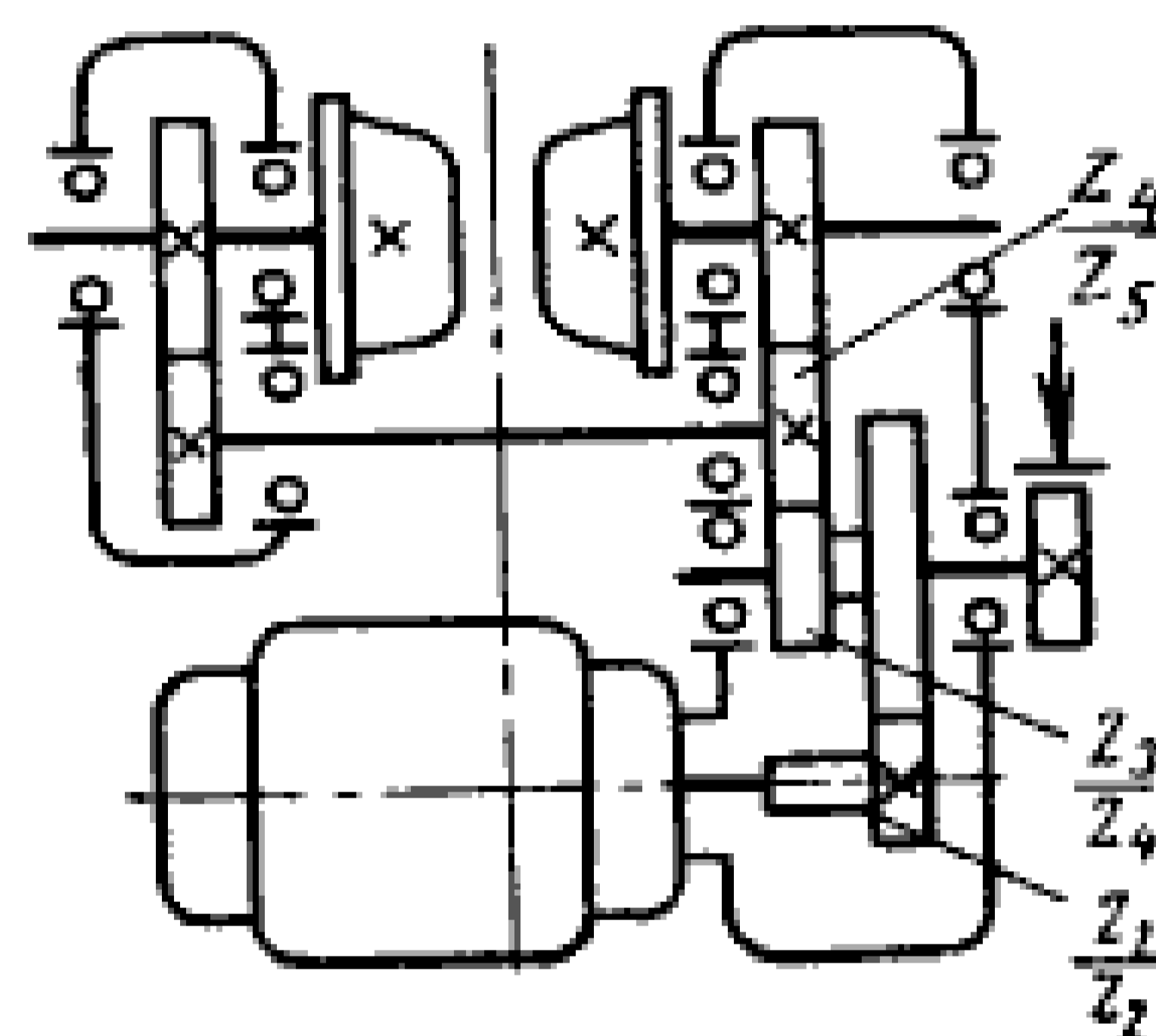


Рисунок 3.18 – Кинематическая схема приводной тележки

Необходимая номинальная мощность электродвигателей

$$N_{\text{сумм}} = \frac{W_{\text{пер}} \cdot v_k}{60 \cdot \eta_0} = \frac{6880 \cdot 50}{60 \cdot 0,85} = 6745 \text{ Вт} = 6,7 \text{ кВт,}$$

где $v_k = 50 \text{ м/мин}$ – скорость передвижения крана;

$\eta_0 = 0,85$ – общий КПД механизма.

На тележке установлен редуктор с передаточным числом

$$i_p = \frac{z2}{z1} \cdot \frac{z4}{z3} = \frac{87}{19} \cdot \frac{95}{14} = 31,8.$$

При этом чтобы достичь расчетной скорости передвижения крана частота вращения двигателя должна быть

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$n_{\text{дв}} = \frac{v_k \cdot i_p}{D_{\text{х.к.}} \cdot \pi} = \frac{50 \cdot 31,8}{0,175 \cdot 3,14} = 2895 \text{ об/мин.}$$

Проверка запаса сцепления $k_{\text{сц}}$ производится для случая передвижения крана без груза, при расположении тележки на расстоянии $1/3$ длины моста от одной из концевых балок. Это крайний случай, в нашем комплексе не будет такого, так как пустая тележка со скоростью 50 м/мин будет перемещаться только по центральному проходу.

Для обеспечения устойчивости и исключения возможности проскальзывания должно выполняться следующее условие

$$k_{\text{сц}} = \frac{G \cdot \varphi}{W_{\text{пер}} + G_{\text{кр}} \left(\frac{a}{9,81} - \frac{n_k - n_x}{n_k} \cdot f \cdot \frac{d_n}{D_{\text{х.к.}}} \right)} \geq 1,2,$$

где G – суммарное давление приводных ходовых колес на рельс.

$$G = 0,5 \cdot (T_B + T_D) = 0,5(32,75 + 9) = 20,88 \cdot 10^3 \text{ Н;}$$

T_B и T_D – нагрузки на ходовые колеса;

0,5 – коэффициент, которым учитывается, что половина колес на каждой приводной тележке холостые;

$\varphi = 0,15$ – коэффициент сцепления колеса с рельсом;

$a = 0,25 \text{ м/с}^2$ – ускорение, принятое для тележки с максимальной нагрузкой;

$n_k = 16$ – общее число ходовых колес;

$n_x = 12$ – число холостых колес;

$W_{\text{пер}} = 6880 \text{ Н}$ – сопротивление передвижению крана.

Запас сцепления

$$k_{\text{сц}} = \frac{20,88 \cdot 10^3 \cdot 0,15}{6880 + 6600 \cdot 10 \left(\frac{0,25}{9,81} - \frac{16 - 12}{16} \cdot 0,015 \cdot \frac{0,04}{0,175} \right)} = 1,32 \geq 1,2.$$

Условие выполняется.

3.4.5 Расчет каретки

Расчет элементов каретки производится в предположении что нагрузка от веса приложена на конце вил. Вес вил не учитывается.

Для каретки расчетным является сечении а-а, изображенное на рисунке 3.19. Изгибающий момент в этом сечении

$$M_{\text{изг}} = Q \cdot 115,4 = 1000 \cdot 115,4 = 115400 \text{ кг} \cdot \text{см} = 11540 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Напряжение изгиба

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{a-a}} = \frac{11540}{2,09} = 5495 \text{ Н/м}^2,$$

где $W_{a-a}=2,09 \text{ м}^3$ – момент сопротивления сечения.

Наибольшая нагрузка на катки каретки

$$R_1 = \frac{Q(115,4 + 24,6)}{2 \cdot 60} \cdot g = \frac{1000 \cdot 140}{120} \cdot 10 = 11670 \text{ Н.}$$

На ось, на которую закреплены вилы, действует сила R_3 , равная весу груза Q , и сила $R_2=(Q \cdot 115,4)/56$ – от момента, создаваемого весом груза.

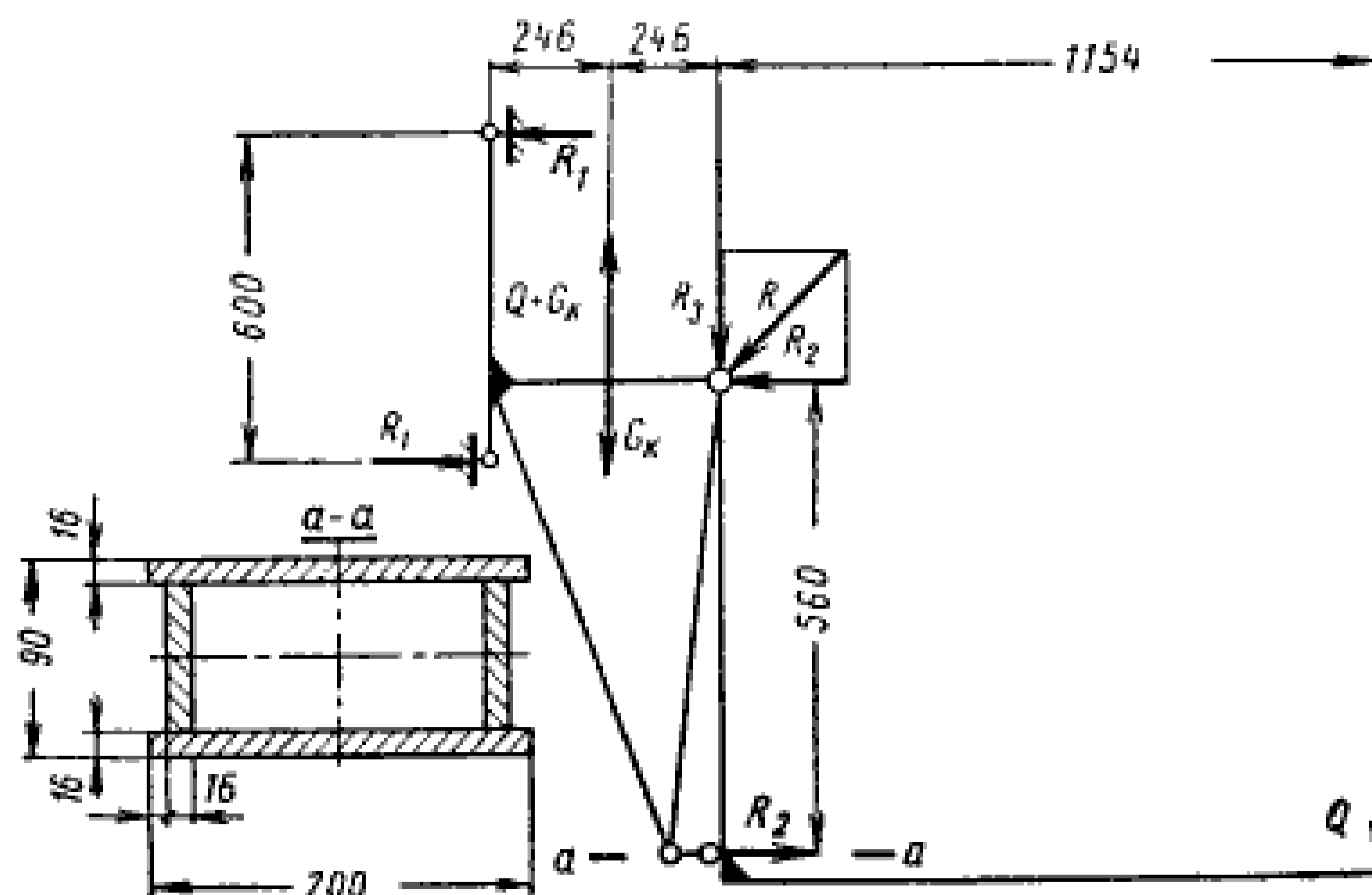


Рисунок 3.19 – Схема к расчету каретки

При этом равнодействующая будет

$$R = g \cdot \sqrt{R_2^2 + R_3^2} = 9,81 \cdot \sqrt{\left(\frac{1000 \cdot 115,4}{56}\right)^2 + 1000^2} = 22470 \text{ Н.}$$

Изгибающий момент, действующий на ось, схема расчета которого приведена на рисунке 3.20, будет равен

$$M_{\text{изг}} = \frac{R}{2} \cdot 0,33 = \frac{22470}{2} \cdot 0,33 = 3707 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Момент сопротивления сечения принятой нами оси диаметром 40 мм

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 0,4^3 = 0,0064 \text{ м}^3.$$

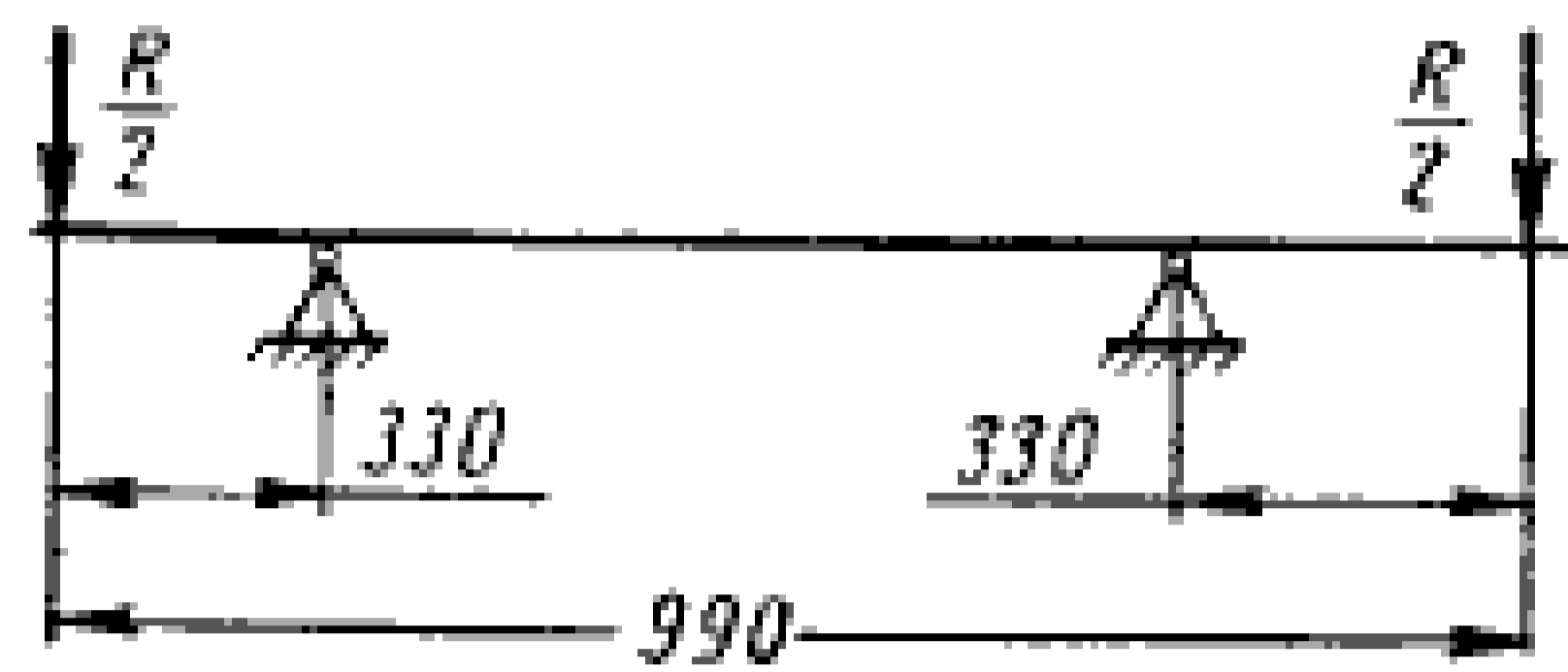


Рисунок 3.20 – Схема к расчету оси

Напряжение изгиба

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W} = \frac{3707}{0,0064} = 579218 \text{ Н/м}^2 \leq 2880000 \text{ Н/м}^2,$$

где $2880000 \text{ Н/м}^2 = 2880 \text{ кг/см}^2$ – максимально допустимое напряжение на изгиб для стали 45.

3.4.6 Расчет колонны

На колонну, изображенную на рисунке 3.21, в месте заделки (сечение а-а) действуют изгибающий момент от веса груза и каретки, изгибающий момент от силы инерции и растягивающая сила от веса груза, каретки и колонны.

Изгибающий момент от веса груза и каретки

$$M_{\text{изг}} = g \cdot (k_Q + G_k) \cdot 1,03 = 9,81 \cdot (1,3 \cdot 1000 + 510) \cdot 1,03 = 18643 \text{ Н},$$

где $k_Q=1,3$ – коэффициент перегрузки;

$G_k=510 \text{ кг}$ – вес каретки и подвижной части колонны.

Напряжение изгиба

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{а-а}}} = \frac{18643}{0,0845} = 220,63 \text{ кН/м}^2,$$

где $W_{\text{а-а}} = 845 \text{ см}^3$ – момент сопротивления сечения колонны, которое изображено на рисунке 3.21, б.

Изгибающий момент от сил инерции

$$M_{\text{изг}}^* = 0,1 \cdot (1,3 \cdot 1000 + 510) \cdot 8 \cdot 9,81 = 14480 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где 0,1 – коэффициент приведения вертикальной нагрузки к инерциальной.

4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

4.1 Разработка системы управления

Система управления комплексом должна обеспечивать два режима работы робототехнологического складского комплекса: ручной и автоматический. В ручном режиме управление осуществляется с помощью джойстика панели управления оператора и предназначено оно для аварийных ситуаций и первоначальной настройки комплекса, осуществляется оно через те же логические цепи, что и автоматическое.

В автоматическом режиме должно обеспечиваться плавные пуск и останов крана-штабелера напротив требуемой позиции. При этом захват крана необходимо ориентировать в трехмерном пространстве с коррекцией положения вил (поворот). Нужно осуществить управление следующими перемещениями по отношению к складу: продольное, поперечное, вертикальное, поворот грузозахвата. При этом каждая подсистема имеет собственный электропривод, энергетический канал и канал управления. В каждой подсистеме должен выполняться свой закон движения, который обеспечивается каналом управления. Необходимо точное позиционирование крана напротив ячейки, что предполагает наличие датчиков точной остановки. С задачей подобного рода не справится местный контроллер крана, и тем более не справится релейно-контакторная система управления; данную задачу целесообразно решать с помощью централизованной системы управления, которая обслуживала бы постановку задачи, исполнение заданий системой, сбор и обработку информации, формирование задающих воздействий.

Типичный цикл работы крана-штабелера со стороны системы управления выглядит следующим образом. По сигналу от оператора на выгрузку ячейки начинает работу программируемый логический контроллер. На этом этапе происходит полное определение положения штабелера. Опрашиваются датчики положения по трем координатам, поворота вил. Далее вычисляется необходимое задающее воздействие и по алгоритму происходит перемещение крана по маршруту. Сначала кран перемещается по центральному проходу, если это необходимо. При этом расстояние между стеллажами для увеличения вместимости склада немногим превышает длину вил, то есть развернуться внутри нельзя. Поэтому на «перекрестке» стеллажей происходит проверка положения вил и, при необходимости, поворот грузозахвата. Поэтому же у каждого прохода есть два положения остановки моста. После этого грузовая тележка перемещается к нужному вертикальному ряду ячеек. Здесь необходимо более точное позиционирование, поэтому используются датчики точного останова и доводочная скорость привода. Осуществляется подъем вил на нужную высоту, перемещением моста они подводятся под груз и приподнимаются приводом подъема, вместе с грузом выдвигаются из стеллажа. Затем кран перемещает груз на позицию выдачи.

										Лист
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

4.2 Система позиционирования

Сложной задачей является позиционирование крана по трем координатам. В комплексе применена позиционно-счетная система. Она представляет собой смешанную систему, где используются оба принципа позиционирования.

При использовании позиционного метода информация о положении выдается датчиками, установленными на кране и взаимодействующими с путевыми метками, установленными на каждой из позиций вертикальных и поперечных трасс движения штабелера.

Чаще всего используется бесконтактное взаимодействие с кодовыми метками, однозначно определяющими положение крана, но у нас смешанная система и мы будем применять позиционный метод только для точного останова крана и грузозахвата. А основное позиционирование в пространстве возьмет на себя счетная система. Она основана на том, что положение объекта определяется с помощью взаимодействия датчика и меток с использованием счетчиков этих пройденных меток. Но в нашем случае мы имеем возможность установить датчики абсолютного положения, где уже заложен этот принцип. Для определения положения крана и формирования задающих воздействий на приводы перемещения крана используются датчики абсолютного положения, то есть абсолютные энкодеры.

Эти датчики позволяют решать задачи измерений не только величин угловых перемещений, но и без потери точности могут обеспечить «жесткую» координатную привязку различного рода позиционируемых объектов при их статическом положении. Часто абсолютные датчики углового положения называют абсолютными энкодерами, преобразователями считывания углового положения или преобразователями угол-код [10].

Абсолютные датчики углового положения каждому значению углового положения вала (преобразуемого угла) ставят в соответствие значение числового эквивалента, который формируется на выходе датчика, как правило, в виде сигнала цифрового кода. При этом указанное взаимно однозначное соответствие сохраняется, как при движении вала, так и при его неподвижном положении и не требует возвращения вала в начальную позицию. Таким образом, значение кода не теряется после выключения и включения питания датчика, восстанавливается после прохождения помехи или превышения допустимой скорости вращения вала, ограничиваемой правильным считыванием кода. Приведённые свойства выгодно отличают абсолютные датчики углового положения от инкрементных угловых преобразователей.

Эталоном угловой меры в абсолютных датчиках служит установленный на входном валу измерительный лимб с кодовой шкалой, имеющей одностороннюю или многостороннюю кольцевую структуру. Упрощенное изображение измерительного лимба с 9-ти дорожечной кодовой шкалой изображено на рисунке 4.1.

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

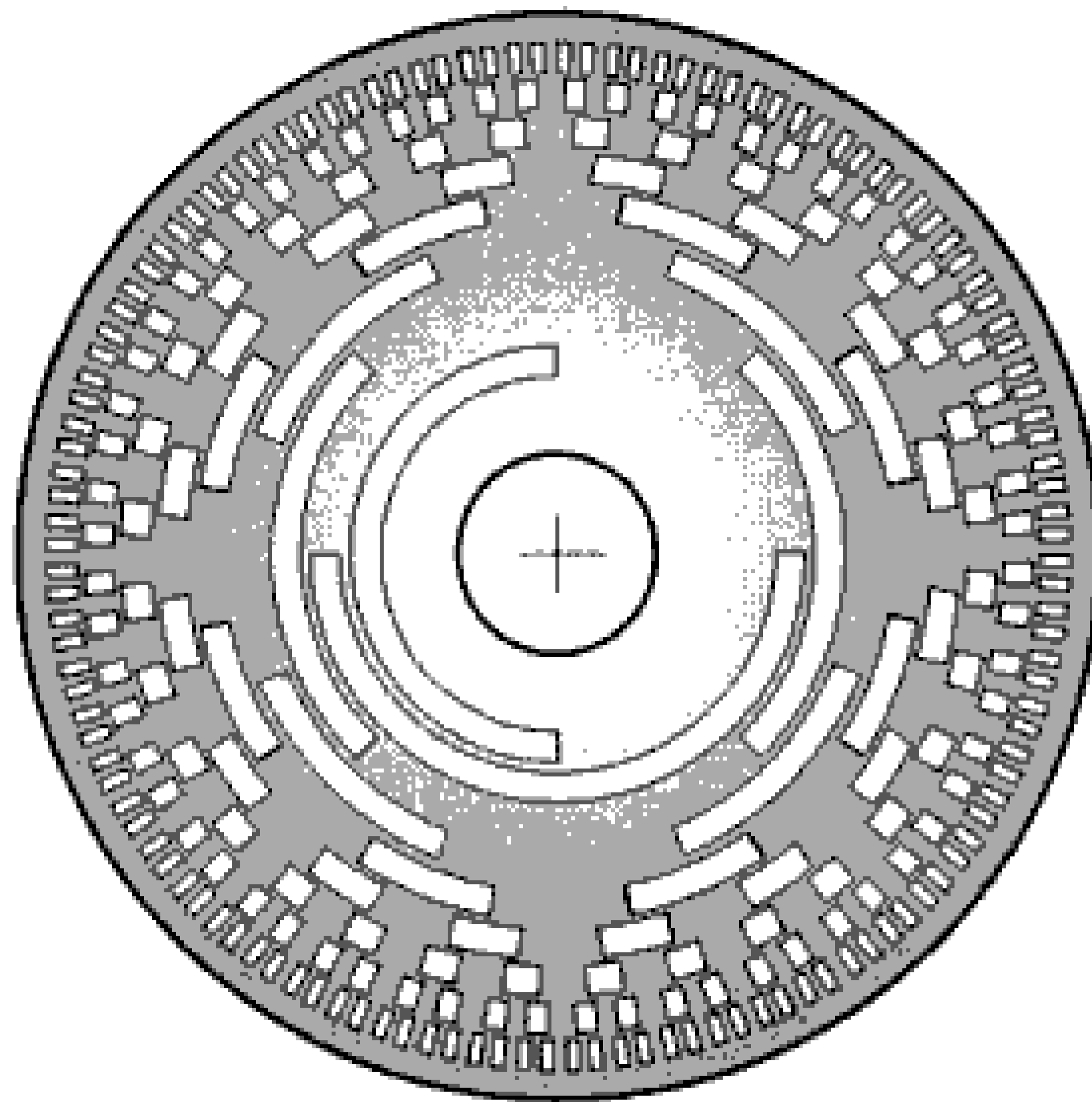


Рисунок 4.1 – Измерительный лимб

В основе принципа действия таких датчиков лежит анализ позиционного сочетания уровней сигналов дискретных фотоприемников, располагаемых в формируемой светотеневой картине соответствующих концентрических кольцевых кодовых дорожек или на одной дорожке (в случае однородоужечного кода). Совокупность указанных фотоприемников образует считывающее фотоприемное устройство (матрицу считывающих фотоприемников), конкретное выполнение которого определяется структурой используемого кода и конструкцией датчика. По диапазону измерений абсолютные датчики углового положения делятся на однооборотные и многооборотные.

Однооборотными (Single-Turn) датчиками называются датчики, которые выдают абсолютные значения в пределах одного оборота, то есть в радиусе 360° . После одного оборота код является полностью пройденным и начинается опять с его начального значения. Эти датчики служат, преимущественно, для измерения угла поворота и применяются, например, в антенных системах, эксцентричных коленчатых прессах и т.д.

Линейные перемещения предполагают необходимым применение измерительной системы с n -количеством оборотов. Например, при линейных приводах или при задачах измерения с помощью зубчатой измерительной штанги, применение однооборотных датчиков является неприемлемым. В этом случае приходят на помощь датчики, где дополнительно к измерению угла поворота в пределах одного оборота также происходит регистрация количества оборотов с помощью дополнительно встроенного передаточного механизма, т.е. своего рода редуктора из нескольких кодовых оптических дисков, образуя, таким образом, многооборотный энкодер (Multi-Turn).

Устройство датчика показано на рисунке 4.2. Конструктивно абсолютный датчик включает в себя оптико-механический узел, оптико-электронное считывающее устройство, а также электронную схему выделения и обработки сигналов фотоприёмников.

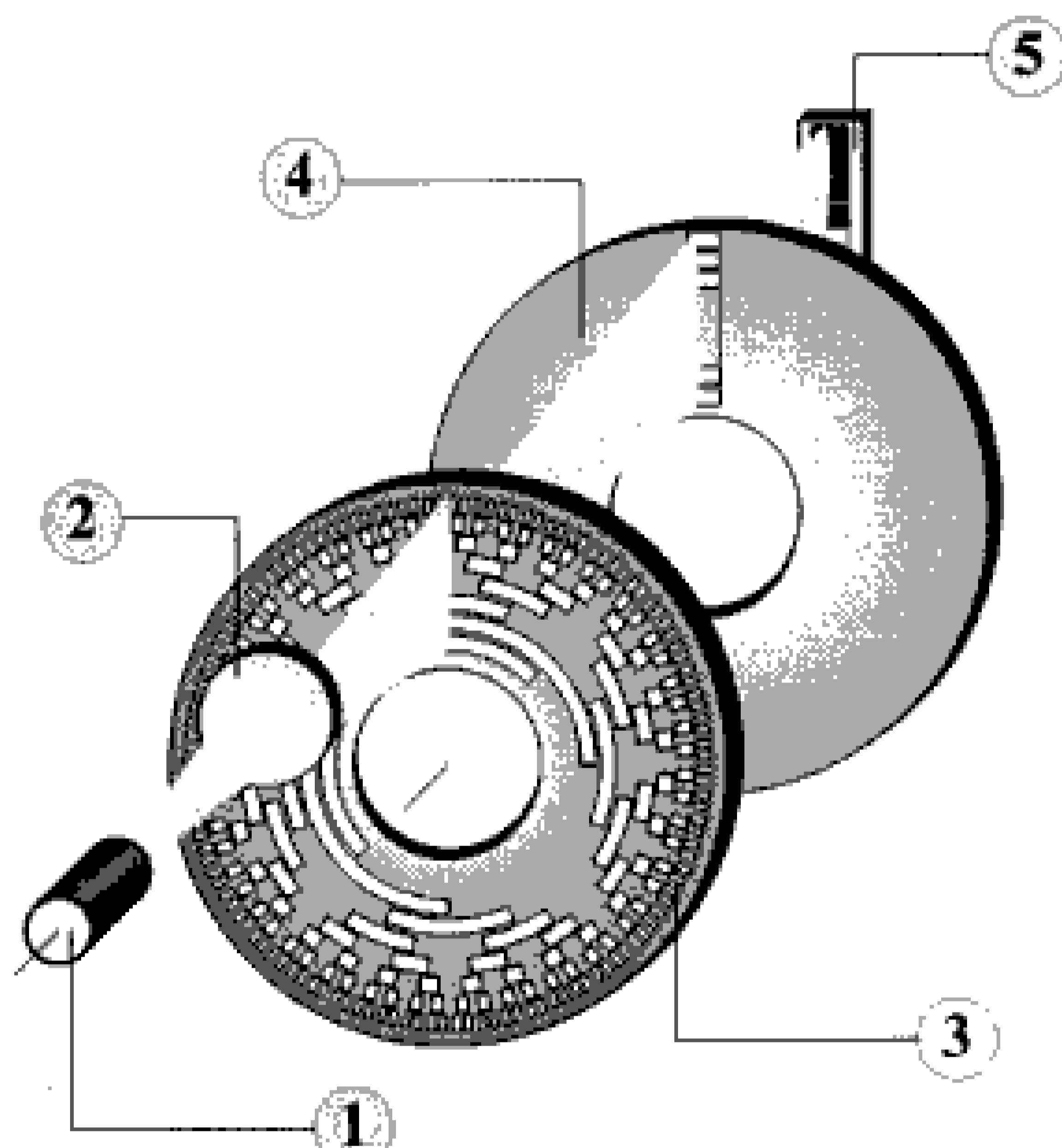


Рисунок 4.2 – Устройство датчика абсолютного положения

Формируемый диодом 1 через конденсор 2 пучок лучей создаёт в плоскости анализирующей маски 4 теневое изображение кодовой шкалы 3. Анализирующая маска, представляет собой совокупность щелевых диафрагм, выделяющих необходимые для анализа участки изображения кодовой шкалы. За каждой диафрагмой по ходу лучей установлен дискретный фотоприемник, располагаемый в зоне теневого изображения соответствующей кольцевой дорожки кодовой шкалы, в распространённом случае считывающее фотоприемное устройство представляет собой анализирующую маску в виде одной узкой щелевой диафрагмы с установленной за ней линейкой фотодиодов 5.

Оптико-механический узел датчика представляет собой корпусную деталь с прецизионными направляющими, обеспечивающими вращательное движение вала и жестко связанного с ним измерительного лимба, центрированного по отношению к оси вращения вала.

Оптико-электронное считывающее устройство содержит узел осветителя и считывающее фотоприемное устройство (матрицу фотоприемников с установленной перед ней анализирующей маской), а также электронную схему выделения и обработки сигналов фотоприемников. Позиционирования осуществляется за счет базы данных, где занесено количество оборотов энкодера и соответствующее ему расстояние. В случае установки энкодера на вал двигателя или редуктора не исключается вариант проскальзывания приводного колеса. Тогда сбивается и

настройка системы позиционирования, во избежание этого принято решение устанавливать энкодеры на вал холостых колес тележек. Данная система позволяет добиться точности порядка 4 см, что вполне достаточно на главном движении привода. Энкодеры установлены на валах колес тележки моста и грузовой тележки.

В нашем комплексе применены абсолютные угловые фотоэлектрические датчики положения ЛИР-ДА137Р производства фирмы ОАО "СКБ ИС". В таблице 4.1 представлены технические характеристики данного датчика.

Таблица 4.1 – Технические характеристика датчика абсолютного положения

Параметр	Значение
Способ выдачи данных	последовательный SSI
Тип выходного кода	двоичный код
Интервал рабочих температур, °С	от 0 до +70
Класс точности	8 класс ±150"
Количество разрядов	24
Напряжение питания, В	+5
Масса (без кабеля), кг	0,27
Степень защиты от внешних воздействий	IP64
Максимальная скорость вращения вала, об/мин	10000
Вибрационное ускорение в диапазоне частот (55...2000) Гц, м/с ²	100
Момент трогания ротора (20°С), Н·м	3,4x10 ⁻³
Допустимая осевая нагрузка на вал, Н	5
Допустимая радиальная нагрузка на вал, Н	5
Ударное ускорение, м/с ²	300
Момент инерции ротора, кг·м ²	3,0x10 ⁻⁷
Максимальная скорость без сбоя, об/мин	1500
Ток потребления, мА	150

Процесс позиционирования применительно к циклу, описанному выше выглядит следующим образом. При поступлении задания ПЛК сравнивает текущее значение сигнала энкодера моста и значение задания из базы данных. На основании этого производится выборка из базы нужного значения воздействия, которое поступает на привод перемещения моста. Подход к цели сначала производится с заданной скоростью (быстрый ход). На заданном расстоянии до цели происходит переключение на более низкую скорость (медленный ход) и происходит доводка моста до оси.

При этом ПЛК может контролировать достижение цели при помощи датчиков точного останова. По такому же принципу происходит перемещение грузовой тележки и вил грузозахвата. К этому моменту кран стоит напротив нужной ячейки. Подъем грузозахватного органа на определенную высоту происходит на одной скорости и контролируется ПЛК через датчики точного останова. Это позволяет добиться максимальной точности позиционирования. Сами датчики установлены на вилах крана, а метки на стеллажных конструкциях.

Датчик точного останова моста находится выше самого моста на выносной планке. Вдоль линии его движения на определенном расстоянии от датчика натянута струна, на которой установлены метки. На каждый двухсторонний стеллаж приходится 4 метки, так как с каждой стороны по 2 позиции останова в зависимости от положения вил.

Так же устроена и система точного позиционирования тележки, но здесь струна крепится не к зданию склада, а натягивается на определенной высоте вдоль моста и крепится на нем же. Это позволяет избежать большого количества меток при заданной точности позиций.

В качестве датчиков точного останова рассматривались современные датчики бесконтактного взаимодействия. Из-за условий повышенной запыленности и температурных перепадов отказались от блоков оптических датчиков и лазерных дальномеров. Были приняты современные индуктивные датчики, позволяющие максимально точно осуществлять останов. Минимальное расстояние между датчиком и меткой составляет 50 мм, что практически исключает имеющие ранее на практике случаи повреждения датчиков.

Индуктивные бесконтактные выключатели (индуктивные датчики) одни из самых распространенных устройств в составе оборудования систем управления автоматизированным производством. Индуктивные датчики находят широкое применение в машиностроении, пищевой, текстильной и других отраслях. Они наиболее эффективно используются в качестве конечных выключателей в автоматических линиях и станках, так как индуктивные датчики срабатывают только на металлы и не чувствительны к остальным материалам. Это увеличивает защищенность индуктивных датчиков от помех; например, введение в зону чувствительности выключателя рук оператора, эмульсии, воды, смазки и т.д. не приведет к ложному срабатыванию. Объектом воздействия для индуктивных выключателей (датчиков) являются металлические детали: зубья шестерен, кулачки, ползуны; часто это металлическая пластина, прикрепленная к соответствующей детали оборудования. Согласно статистике 90% дискретных датчиков положения - индуктивные датчики. Это объясняется высокими эксплуатационными характеристиками, надежностью и низкой стоимостью индуктивных датчиков по сравнению с другими типами датчиков. Устройство такого датчика показано на рисунке 4.3.

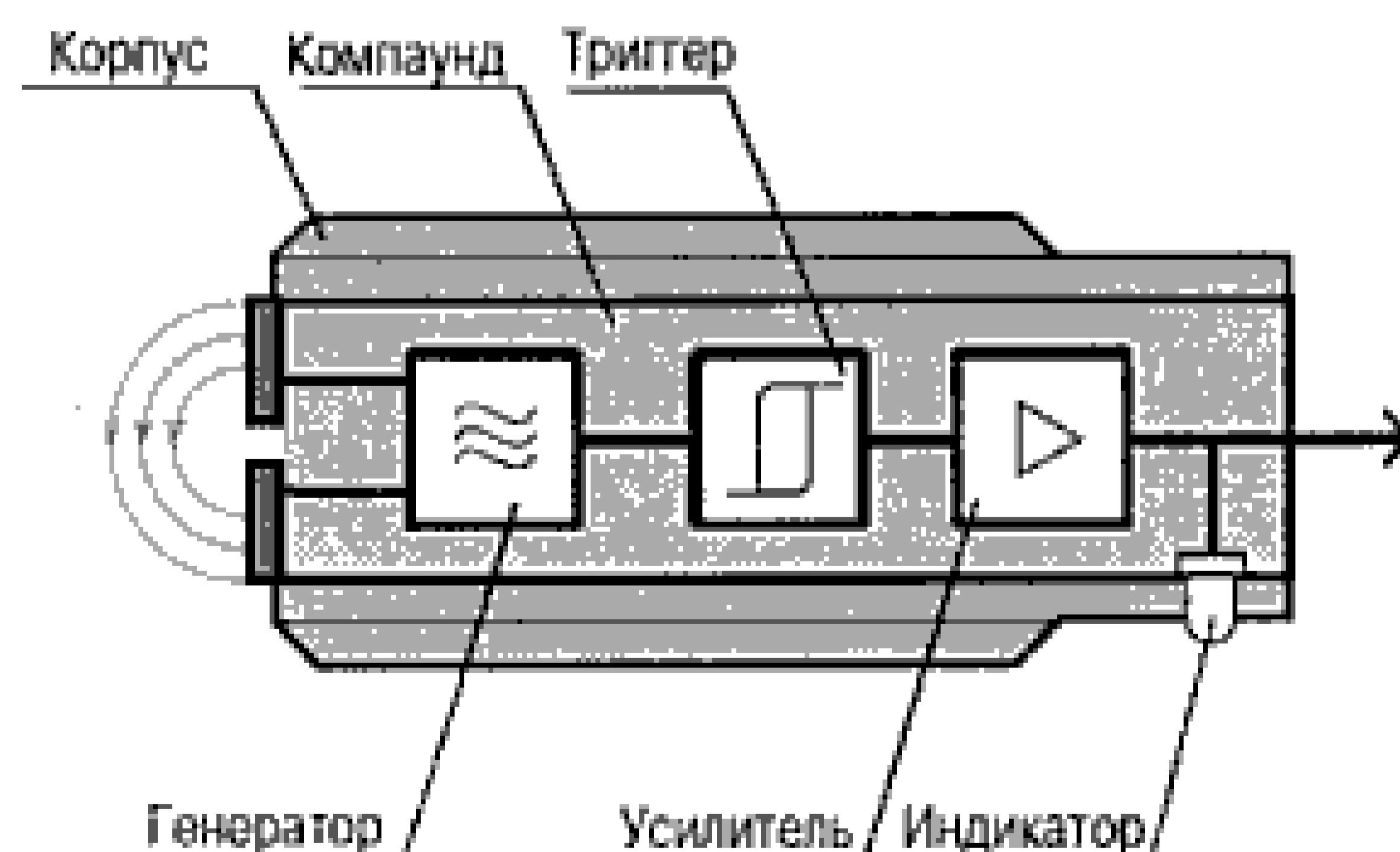


Рисунок 4.3 – Устройство индуктивного датчика

Индуктивный датчик (бесконтактный выключатель) функционирует следующим образом. Генератор создает электромагнитное поле взаимодействия с объектом. Триггер обеспечивает гистерезис при переключении и необходимую длительность фронтов сигнала управления. Усилитель увеличивает амплитуду сигнала до необходимого значения. Светодиодный индикатор показывает состояние выключателя, обеспечивает контроль работоспособности, оперативность настройки. Компаунд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твердых частиц и воды. Корпус обеспечивает монтаж выключателя, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни или полиамида, комплектуется метизными изделиями. При подаче напряжения питания перед активной поверхностью индуктивного выключателя образуется переменное магнитное поле, создаваемое катушкой индуктивности генератора. При попадании объекта воздействия в зону чувствительности выключателя, снижается добротность колебательного контура и амплитуда колебаний, что вызывает срабатывание триггера и изменение состояния выхода выключателя.

Номинальное расстояние воздействия (S_n) и гарантированный интервал воздействия (S_a), указанные в технических характеристиках выключателей, относятся к стандартному объекту воздействия – это квадратная пластина из стали Ст.40, толщиной 1 мм, сторона квадрата равна большему из значений: диаметру активной поверхности выключателя или значению $3S_n$. Соотношение для определения реального расстояния воздействия (S_r): $0,9 S_n < S_r < 1,1 S_n$ - справедливо для стандартного объекта воздействия. Если объект воздействия имеет размеры меньше стандартного, то расстояния воздействия S_n , S_r , S_a следует умножить на поправочный коэффициент K . Поправочные коэффициенты K вводят также, если объект воздействия выполнен не из стали, а из других металлов и сплавов.

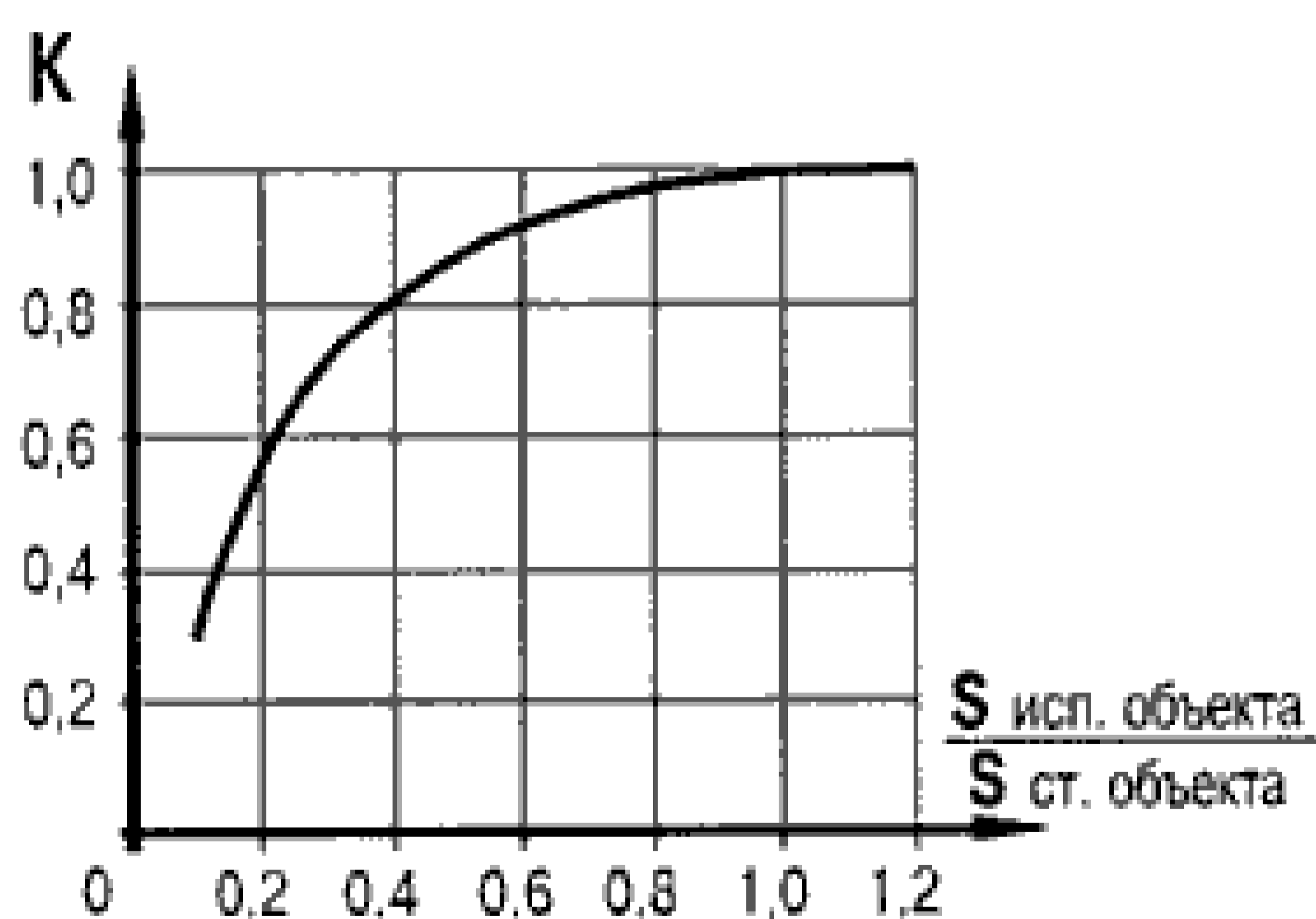


Рисунок 4.4 – График зависимости K от площади объекта воздействия;
 $S_{\text{исп. объекта}}$ – площадь используемого объекта воздействия;
 $S_{\text{ст. объекта}}$ – площадь стандартного объекта воздействия

Позиционирование положения вил осуществляется также с помощью бесконтактного индуктивного датчика. На верхнем поворотном колесе установлен индуктивный датчик, а на нижнем две метки. Эти метки не являются кодовыми и

определение текущего положения крана происходит за счет введения в программное обеспечение ПЛК флага «поворот», которому соответствуют два значения «True» или «False». При этом принимают что, например, значение «True» это «вилы по ходу движения». Смена флага происходит по сигналу с датчика, когда он достигает метки а счет поворота нижнего кольца.

В нашем комплексе применяются индуктивные датчики серии ВКИ-Ф производства фирмы ООО «КИП-Сервис». Датчики различаются оснасткой и внешним корпусом. Их характеристики приведены в таблице №5

Таким образом, в системе позиционирования используется 8 датчиков. Это датчики абсолютного положения (абсолютные энкодеры) и датчики точного останова (индуктивные). Если первые это цифровые датчики, то индуктивные датчики могут быть реализованы и в аналоговом и в цифровом виде. Эта информация понадобится нам при выборе промышленного логического контроллера и его модулей.

Кроме того, грузоподъемные механизмы имеют повышенную опасность, поэтому должны быть предусмотрены устройства аварийного отключения и контроля доступа персонала в зону работы автоматического крана. В нашем комплексе такими устройствами выступают конечные выключатели и световые завесы.

Таблица 5 – Характеристики индуктивных датчиков

Параметр	Значение
Гарантированный интервал срабатывания Sa	0-0,81 Sn
Диапазон номинальных напряжений питания, В	24-220
Диапазон рабочих напряжений питания, В	20-250
Номинальный ток, mA	250
Категория применения коммутационного элемента	AC14
Падение напряжения, В	9
Минимальный ток, mA	5
Остаточный ток, mA	3
Частота циклов срабатывания, Гц	10
Диапазон регулировки чувствительности, %	60...110
Индикация срабатывания	есть
Температура окружающей среды, °C	-45...+80
Материал корпуса	полипропилен
Встроенный кабель	ПВС 2 X 0,35мм ²
Степень защиты	IP67

Конечные выключатели автоматически прерывают главную цепь и переводят двигатели в режим динамического торможения. Они также являются аппаратурой низшего звена, но они соединены с устройствами управления приводами. В нашем комплексе применены конечные выключатели серии К-700. Эта серия предназначена для подъемно-транспортных механизмов рельсового типа. Устанавливаются они на торцах рельсов крана, параллельно с буферными устройства-

ми, на конечных балках моста, на подъемной колонне. Всего устанавливается шесть конечных выключателей, каждый из которых введен в ПЛК.

Световая завеса (фотобарьер) широко используются на современном технологическом оборудовании и предназначены для контроля областей пространства около движущихся частей прессов, штампов, конвейеров и другого технологического оборудования. Фотобарьеры обнаруживают пересечение контролируемой зоны посторонними объектами и формируют соответствующие сигналы для системы управления данным оборудованием.

По этим сигналам система управления производит блокировку движущихся частей или запрещает работу до устранения помехи в рабочей зоне. Также возможно применение фотоэлектрических барьеров (световых завес) и в технологическом процессе для регистрации перемещений по конвейеру, для регистрации занятости ячеек на автоматическом складе, для определения наличия или отсутствия детали на платформе.

Фотобарьер (световой барьер) представляет собой электронное устройство, состоящее из двух узлов - передатчика оптического излучения (излучателя) и приемника оптического излучения. Работа фотобарьера (светового барьера) основана на принципе световой локации области пространства параллельными световыми лучами, образующими зону чувствительности. Как правило в фотоэлектрических барьерах (световых барьерах), используется невидимое инфракрасное излучение, которое не создает неудобств обслуживающему персоналу. Зона чувствительности образуется в пространстве между излучателем и приемником фотобарьера. Размер зоны чувствительности определяется расстоянием между излучателем и приемником (ширина зоны), количеством лучей и шагом между ними (высота зоны). В настоящее время это расстояние достигает 1600 м. Мы применяем фотобарьер для ограждения зоны работы крана от остальных помещений, наряду с установкой защитных сооружений.

Шаг между лучами определяет минимальный размер гарантированно обнаруживаемого фотобарьером (световым барьером) объекта (разрешающую способность). В нашем случае объект значительный, а длина зоны ограничения равна 15м. Функциональный резерв позволяет компенсировать ослабление сигнала в результате загрязнения оптики и запыленности окружающего пространства. Принимаем фотобарьер ВБ3.64.1600-20-80.R6000.1.1.C4 производства фирмы ОАО «Страус». Его характеристики приведены в таблице 6.

Таким образом, в системе позиционирования используется 8 датчиков. Это датчики абсолютного положения (абсолютные энкодеры) и датчики точного останова (индуктивные). Если первые это цифровые датчики, то индуктивные датчики могут быть реализованы и в аналоговом и в цифровом виде. В системе обеспечения безопасности используются еще 5 аналоговых элементов. Эта информация понадобится нам при выборе промышленного логического контроллера и его модулей.

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ					

Таблица 6 – Техническая характеристика фотобарьера ВБ3.64

Излучатель	ВБ3.64.*-**-**.Т16000.х.х..С4
Приемник	ВБ3.64.*-**-**.R16000.1.1.С4
Вид излучения	Инфракрасный
Максимальная ширина контролируемой зоны, м	16,0
Внешняя освещенность максимальная, Лк	5000
Напряжение питания, В	Постоянное 10...30
Потребляемая мощность, Вт	Не более 3
Время реакции (срабатывания), мс	3...12 (определяется исполнением)
Время возврата в исходное состояние, с	0,6
Количество выходов	2
Тип выхода	PNP ключ
Состояние выхода при отсутствии объектов в контролируемой зоне	Замкнут
Коммутируемый выходом ток (постоянный), мА	Не более 1000
Коммутируемое напряжение (пост.), В	Постоянное 10...30
Защита от переплюсовки питания	Есть
Защита от короткого замыкания выхода	Есть
Световая индикация состояния лучей	Есть
Световая индикация состояния выхода	Есть
Способ подключения	Разъем С4
Материал корпуса	Алюминий
Габаритные размеры (без крепежа), мм	40 x 50 x L
Габаритные размеры (с крепежом), мм	64 x 64 x L
Степень защиты	IP65

4.3 Разработка электропривода

Электропривод включает в себя электрический двигатель, преобразователь электрической энергии (например, преобразователь частоты) и систему управления. В промышленности и быту применяются двигатели переменного и постоянного тока. Исторически сложилось, что для регулирования скорости вращения чаще использовали двигатели постоянного тока. Преобразователь в данном случае регулировал только напряжение, был прост и дешев. Однако двигатели постоянного тока имеют сложную конструкцию, критичный в эксплуатации щеточный аппарат и сравнительно дорогие. Асинхронные двигатели широко распространены, надежны, имеют относительно невысокую стоимость, хорошие эксплуатационные качества, но регуляторы скорости их вращения из-за сложности систем электронного регулирования частоты питающего напряжения стоили до начала 90-х годов дорого и не обладали качествами, необходимыми для широкого внедрения в индустрию. Благодаря бурному развитию электроники и появлению недорогих преобразователей частоты стало возможным регулирование скорости вращения асинхронных двигателей в широких масштабах. Быстрый рост рынка пре-

Существует два основных типа преобразователей частоты: с непосредственной связью и с промежуточным контуром постоянного тока. В первом случае выходное напряжение синусоидальной формы формируется из участков синусоид преобразуемого входного напряжения. При этом максимальное значение выходной частоты принципиально не может быть равным частоте питающей сети. Частота на выходе преобразователя этого типа обычно лежит в диапазоне от 0 до 2533 Гц. Но наибольшее распространение получили преобразователи частоты с промежуточным контуром постоянного тока, выполненные на базе инверторов напряжения. Структурная схема такого преобразователя приведена на рисунке 4.5.

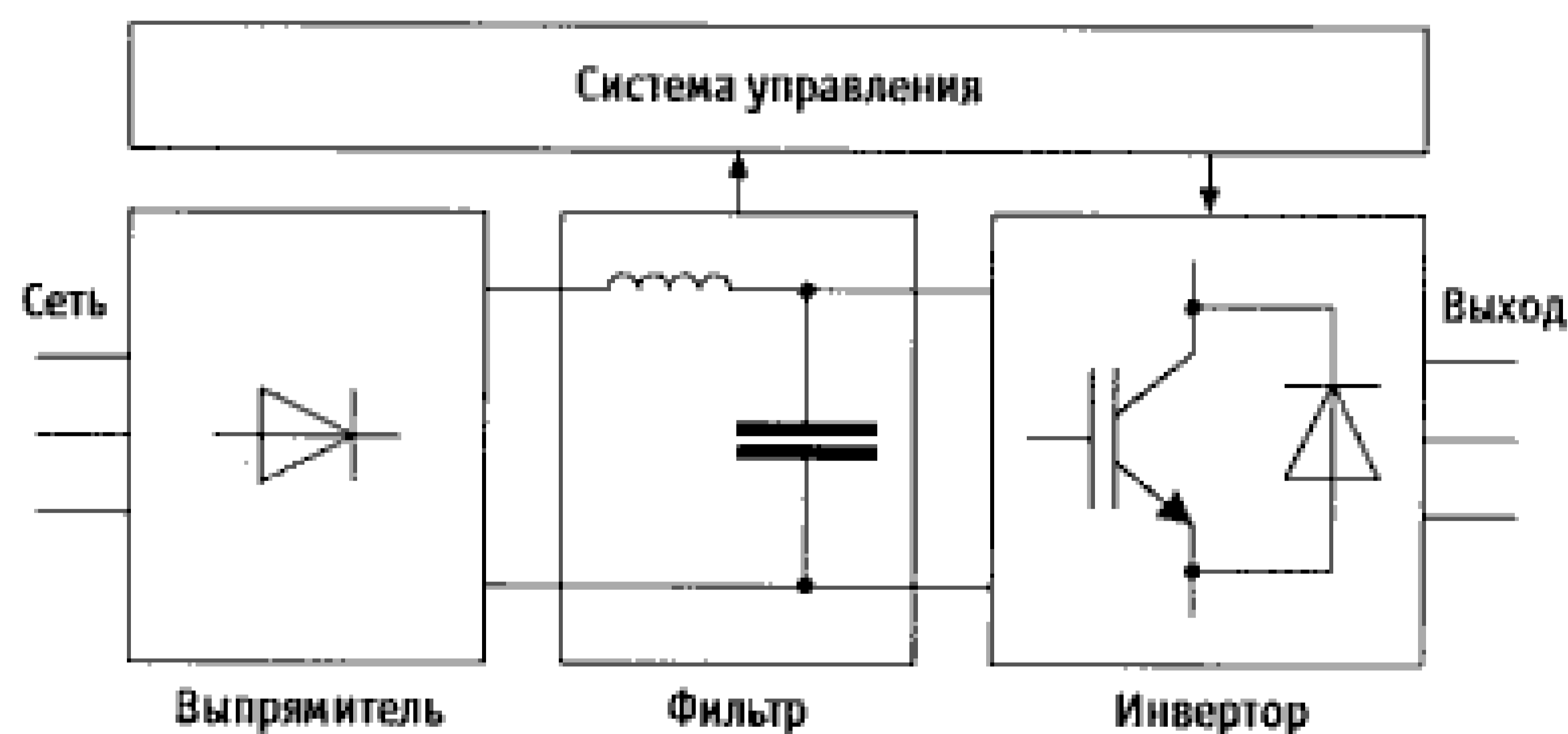


Рисунок 4.5 – Структурная схема частотного преобразователя.

Переменное напряжение сети преобразуется с помощью диодного выпрямителя, а затем сглаживается в промежуточной цепи индуктивно-емкостным фильтром. И, наконец, инвертор, выходной каскад которого обычно выполняется на основе IGBT модулей, осуществляет обратное преобразование из постоянного тока в переменный, обеспечивая формирование выходного сигнала с необходимыми значениями напряжения и частоты.

Наиболее часто в инверторах применяется метод высокочастотной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [9]. В этом случае выходной сигнал преобразователя представляет собой последовательность импульсов напряжения постоянной амплитуды и изменяющейся длительности, которая на индуктивной нагрузке, каковой является обмотка статора, формирует токи синусоидальной формы. Возможный диапазон регулирования частоты – от 0 до нескольких тысяч герц. В зависимости от характера нагрузки преобразователь частоты обеспечивает различные режимы управления электродвигателем, реализуя ту или иную зависимость между скоростью вращения электродвигателя и выходным напряжением.

Режим с линейной зависимостью между напряжением и частотой ($U/f = \text{const}$) реализуется простейшими преобразователями частоты для обеспечения постоянного момента нагрузки и используется для управления синхронными двигателями или двигателями, подключенными параллельно. Вместе с тем при уменьшении частоты, начиная с некоторого значения, максимальный момент двигателя начинает падать. Для повышения момента на низких частотах в преобразо-

циализированных интегральных схем ASIC (Applications Specific Integrated Circuit). Векторное управление без датчиков обратной связи по скорости позволяет обеспечить динамические погрешности, характерные для регулируемого привода с замкнутой обратной связью.

Однако полное управление моментом при скорости, близкой к нулевой, невозможно без обратной связи по скорости. Такая обратная связь становится необходимой и для достижения погрешности регулирования менее 1%. Контур обратной связи при этом легко реализуется с помощью самого преобразователя частоты. Вместе с тем режим векторного управления не может быть использован для синхронных или реактивных синхронных электродвигателей, для группы двигателей, включенных параллельно, а также для двигателей, чья номинальная мощность меньше половины мощности преобразователя частоты или превышает ее.

Для того чтобы быстро остановить или замедлить скорость механизма, приводимого во вращение электродвигателем, наряду с механическими применяют и электрические способы торможения. Сущность электрических способов торможения состоит в том, что электрическая машина в этот период из двигательного режима переводится в генераторный и, следовательно, создает электромагнитный момент, направленный против движения.

Самый простой способ останова — выбег электродвигателя. Двигатель отключается от питающей сети и останавливается по инерции. При этом время до полного останова не регулируется и определяется инерционными свойствами двигателя и его нагрузки. Регулируемое время торможения обеспечивает генераторный способ, заключающийся в том, что преобразователь с необходимой скоростью уменьшает выходную частоту до требуемого значения. При этом двигатель превращается в генератор, преобразуя кинетическую энергию вращения в электрическую. В зависимости от типа выпрямляющего устройства энергия возвращается в первичную сеть либо накапливается в контуре постоянного тока преобразователя частоты. Во втором случае и в случае нагрузки с большим моментом инерции для рассеивания энергии может потребоваться применение внешнего тормозного сопротивления, подключение которого при возникновении опасного перенапряжения в промежуточном контуре преобразователя осуществляет специальная контролирующая схема. Таким образом, преимуществом генераторного торможения является предсказуемое время и плавность останова, высокий тормозной момент. Недостаток же заключается в том, что энергия выделяется в преобразователе, и в случае быстрого останова или большого момента инерции нагрузки для избегания перегрева встроенного резистора контура постоянного тока преобразователя необходимо использование внешнего сопротивления.

Для того чтобы осуществить торможение постоянным током, или, иными словами, динамическое торможение, с обмотки статора двигателя снимают переменное напряжение и на одну или две фазы подают постоянное напряжение. При этом магнитное поле будет вызывать вначале замедление, а затем и удержание ротора в неподвижном состоянии. Преимуществом динамического торможения является выделение электрической энергии в роторе двигателя, что делает ненужным использование тормозного сопротивления, и плавный останов. Но поскольку

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

MICROMASTER Vector — это преобразователь частоты, который в настоящее время наилучшим образом интегрируется в систему автоматизации Simatic независимо от того, идет ли речь о микроконтроллере Simatic S7-300, который подключается через последовательный интерфейс RS-485, или о сложной системе «ведущий-ведомый» с Simatic S7-300/S7-400, связь между элементами которой происходит по шине PROFIBUS. В таблице 4.2 представлены характеристики принятых нами преобразователей.

Таблица 4.2 – Характеристики преобразователей частоты серии Vector

Тип преобразователя частоты	MICROMASTER 6SE92	MICROMASTER Vector 6SE32	MIDIMASTER Vector 6SE32
Диапазон мощностей, кВт	0,12...7,5	0,12...7,5	5,5..75
Напряжение питания, В	1 фаза, 208...240 ±10% 3 фазы, 208...240 ±10% 3 фазы, 380...500 ±10%		3 фазы, 208-240 ±10% 3 фазы, 380-500 ±10% 3 фазы, 525-575 ±10%
Выходная частота, Гц	0...400	0...650	0...650
Разрешение по частоте, Гц	0,01	0,01	0,01
Перегрузочная способность	150% от номин. тока в течение 60 с	150% от номин. тока в течение 60 с 200% от номин. тока в течение 3 с	
Метод управления	Вольт-частотный: линейный (U/f) и квадратичный (U/f ²)	Потокоцеплением (FCC), векторный (SVC) вольт-частотный: линейный (U/f) и квадратичный (U/f ²)	
Дискретные входы	3 (19 функций)	6 (24 функции)	6 (24 функции)
Аналоговые входы	1 (0...10 В, 2...10 В)	2 (0...10 В, 2...10 В, ±10 В, 0/4...20 мА)	
Аналоговые выходы	—	1 (0/4...20 мА)	2 (0/4...20 мА)
Дискретные релейные выходы	1 110 В/0,3 А перем. тока 30 В/1,0 А пост. тока	2 240 В/0,8 А перем. тока 30 В/2,0 А пост. тока	
Метод охлаждения	Программно-управляемый вентилятор		Вентилятор
Диапазон рабочих температур, °С	от 0 до 50	от 0 до 50	от 0 до 40 (50 без кожуха)
Степень защиты	IP20	IP20	IP21/IP56

В приводе крана используются асинхронные приводы, работающие в повторно-кратковременном режиме (S3). Данный режим представляет собой последовательность идентичных циклов работы, каждый из которых включает время работы, при неизменной нагрузке, за которое машина не нагревается до установившейся температуры, и время стоянки, за которое машина не охлаждается до температуры окружающей среды. При этом потери при пуске не оказывают влияния на температуру частей машины.

В соответствии с приведенным в пункте 3.4 расчетом номинальная мощность двигателей для механизмов крана-штабелера составляет:

- подъема 1,77 кВт при номинальной частоте вращения 2850 об/мин;
- передвижения грузовой тележки 4,2 кВт при номинальной частоте вращения 1440 об/мин;
- поворота колонны 1,2 кВт при номинальной частоте вращения 2850 об/мин;
- привода передвижения крана 6,7 кВт (2шт) при номинальной частоте вращения 2895 об/мин

В соответствии с рядом номинальными мощностями электрических машин, установленным ГОСТ 12139-73, определим мощности необходимых двигателей: 2,2 кВт, 5,5 кВт, 1,5 кВт, 7,5 кВт.

В соответствии с условиями работы привода степень защиты двигателя может быть минимальной и составлять IP23, что является стандартом для современных приводов.

В нашем комплексе используются двигателя общепромышленного исполнения в закрытом корпусе серии 5А. Данные двигатели изготовлены компанией ООО «ВЕМЗ». В таблице №8 приведены технические характеристики электрических машин крана-штабелера.

Таблица 8 – Характеристики асинхронных двигателей

Тип двигателя	Номинальная мощность, кВт	Номинальная частота вращения, об/мин	Коэффициент полезного действия, %	Коэффициент мощности	Номинальный ток при 380 В, А	Номинальный момент, Нм	Масса, кг	Сервис-фактор
5A80MA2	1,5	2850	80	0,84	3,4	5	14	1,15
5A80MB2	2,2	2850	81	0,85	4,9	7,4	15,5	1,15
5AMX112M4	5,5	1440	86	0,83	11,7	36,5	48,5	1,15
5AMX112M2	7,5	2895	87,5	0,89	14,6	24,7	48,5	1,15

ся широко распространенным и достаточно простым в программировании и проектировании автоматизированных систем на его базе. Система оснащена следующими модулями.

Центральный процессор S7-300 представлен линейкой новых моделей CPU 312/ CPU 314/ CPU 315-2DP/ CPU 317-2DP, а также центральными процессорами семейства S7-300C (Compact). Все новые CPU отличаются увеличенными объемами рабочей памяти и повышенным быстродействием, работают без буферной батареи, используют в качестве загружаемой памяти микрокарту памяти MMC (3V NFlash) емкостью до 8 Мбайт, способны поддерживать большое количество активных коммуникационных соединений. Кроме того, MMC используется для сохранения данных при перебоях в питании CPU, хранения архива проекта включая символьную таблицу и комментарии, а также для архивирования промежуточных данных. Для программирования и конфигурирования контроллеров SIMATIC S7-300 могут использоваться пакеты STEP 7 или STEP 7 Lite.

Функциональный модуль- это интеллектуальный модуль ввода-вывода, оснащенный встроенным микропроцессором и способный выполнять задачи автоматического регулирования, позиционирования, скоростного счета, управления перемещением и т.д.

Блоки питания- каждый центральный процессор S7-300 оснащен встроенным блоком питания с входным напряжением =24В. Для питания центрального процессора и других модулей контроллера используются блоки питания PS 305 и PS 307. PS 305используют для своей работы входное напряжение постоянного тока, PS 307 входное напряжение переменного тока промышленной частоты.

Все эти модули устанавливаются на своей шине в общий шкаф управления. Там же устанавливаются преобразователи частоты, связанные с функциональным модулем. За связь со старшей системой, опрос датчиков и взаимодействия с панелью оператора отвечает модуль центрального процессора.

В качестве шины передачи данных используется промышленная сеть PROFIBUS DP. Это оптимизированная по производительности версия PROFIBUS, предназначенная специально для критичных ко времени взаимодействий между системами автоматизации и распределенным периферийным оборудованием. PROFIBUS-DP базируется на Части 1 стандарта DIN 19245, которая дополняется функциями эффективной связи специального назначения. В стандарте PROFIBUS определяются технические и функциональные характеристики последовательной промышленной шины Fielbus, которая связывает распределенные цифровые field-устройства ближнего (уровень датчиков/исполнительных устройств) и среднего (цеховой уровень) радиуса действия. Система включает ведущие (master) и ведомые (slave) устройства. Ведущие устройства могут управлять шиной. Когда у ведущего (master) устройства есть право доступа к шине, оно может передавать сообщения без удаленного запроса. В протоколе PROFIBUS ведущие устройства называются "активными станциями" (active stations). Ведомые устройства - это обычные периферийные устройства. Типичными ведомыми устройствами являются датчики, исполнительные устройства и передаточные механизмы. У них нет прав доступа к шине – то есть они могут только подтверждать принимаемые со-

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

общения или передавать сообщения ведущему устройству по его запросу. Ведомые устройства называются также "пассивными станциями" (passive stations).

На физическом уровне данная шина представляет собой или медную витую пару или оптоволоконный кабель. Это зависит от необходимой нам скорости передачи данных между ведомыми и ведущими устройствами. В нашей сети будут присутствовать два активных устройства – это непосредственно сам процессор и функциональный модуль, но на аппаратном уровне это будет одно устройство, т.к. их запросы не пересекаются и программное обеспечение полностью обрабатывается центральным процессором.

На базе разработанной системы управления была составлена функциональная схема данной системы, которая представлена на рисунке 4.7.

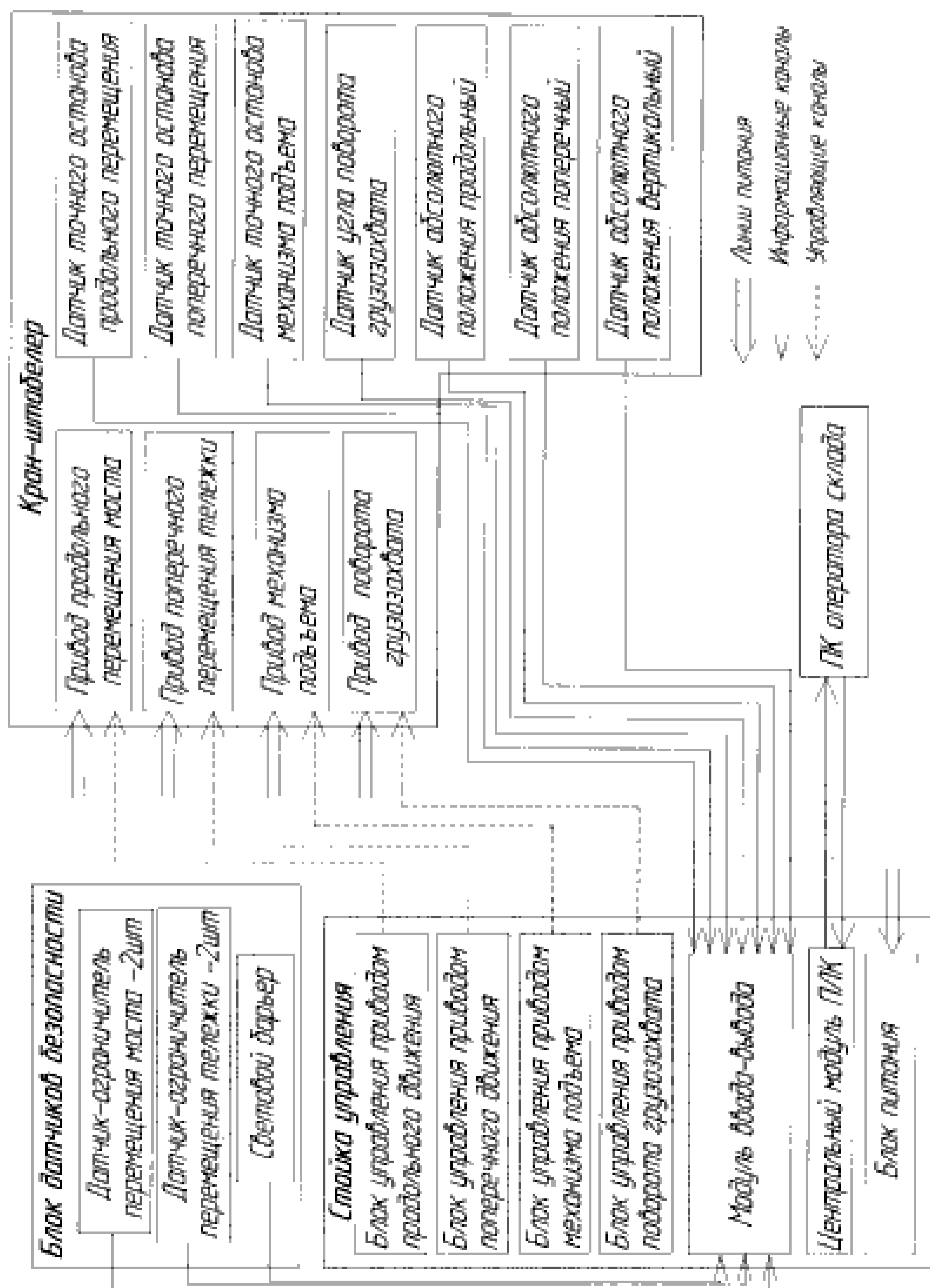


Рисунок 4.7 – Функциональная схема системы управления

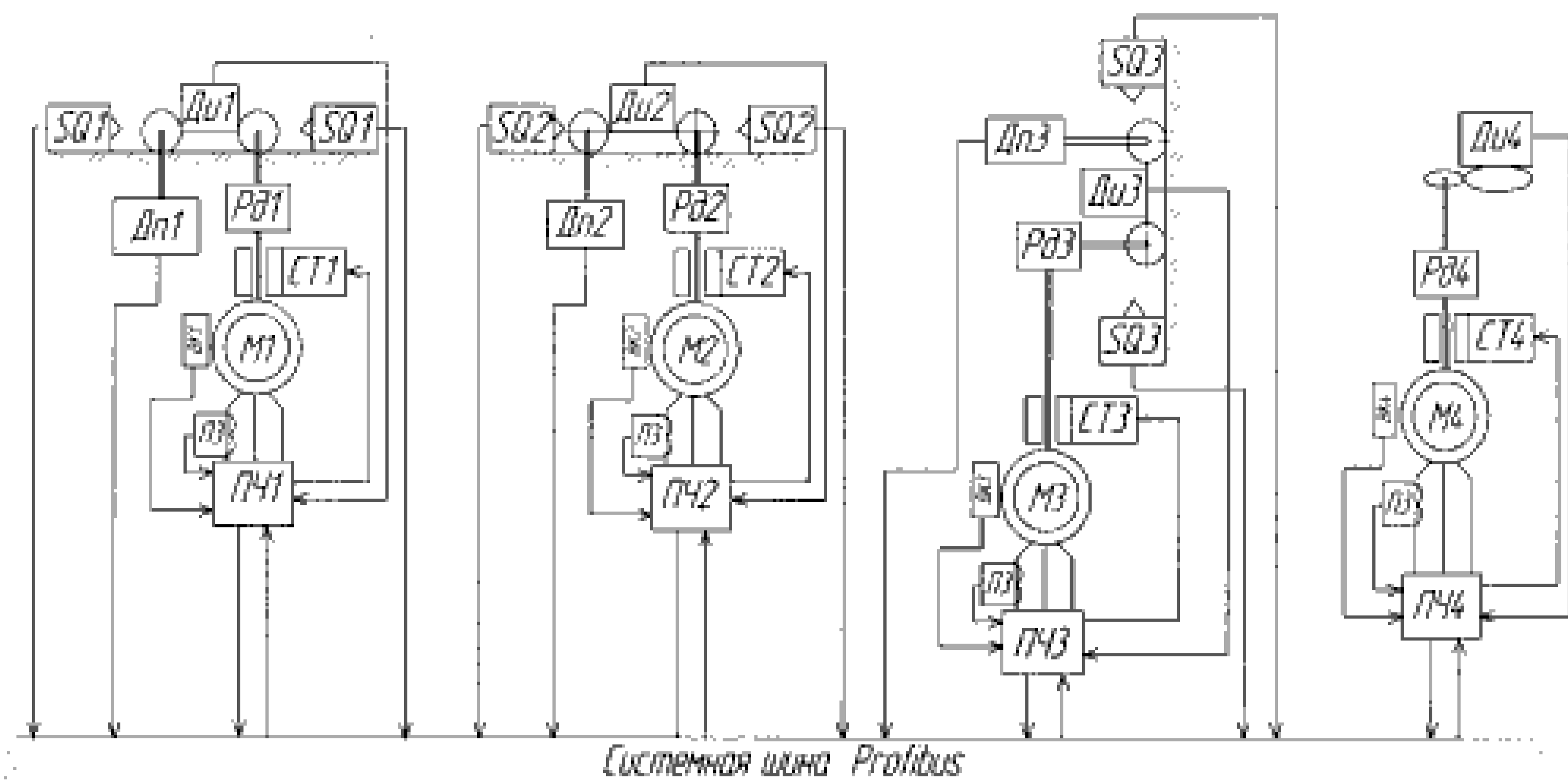


Рисунок 4.8 – Структурная схема робототехнологического складского комплекса

На рисунке 4.9 показан алгоритм работы системы автоматического управления краном-штабелером.

В обозначениях используются следующие обозначения:

- U – флаг операции предустановки;
- к – сигнал с конечного выключателя;
- p – значения координаты, занесенное в базу данных;
- f – фактическое положение координаты;
- g – флаг фактического положения вил;
- v – флаг положения вил задания;
- A, B, C – максимальные значения координат;
- a – значения доводочное;
- b – значения передвижения моста на 900 мм;
- c – значения подъема на 100 мм.

Подпрограммы управления приводами основываются на общих принципах, поэтому расписываем только один.

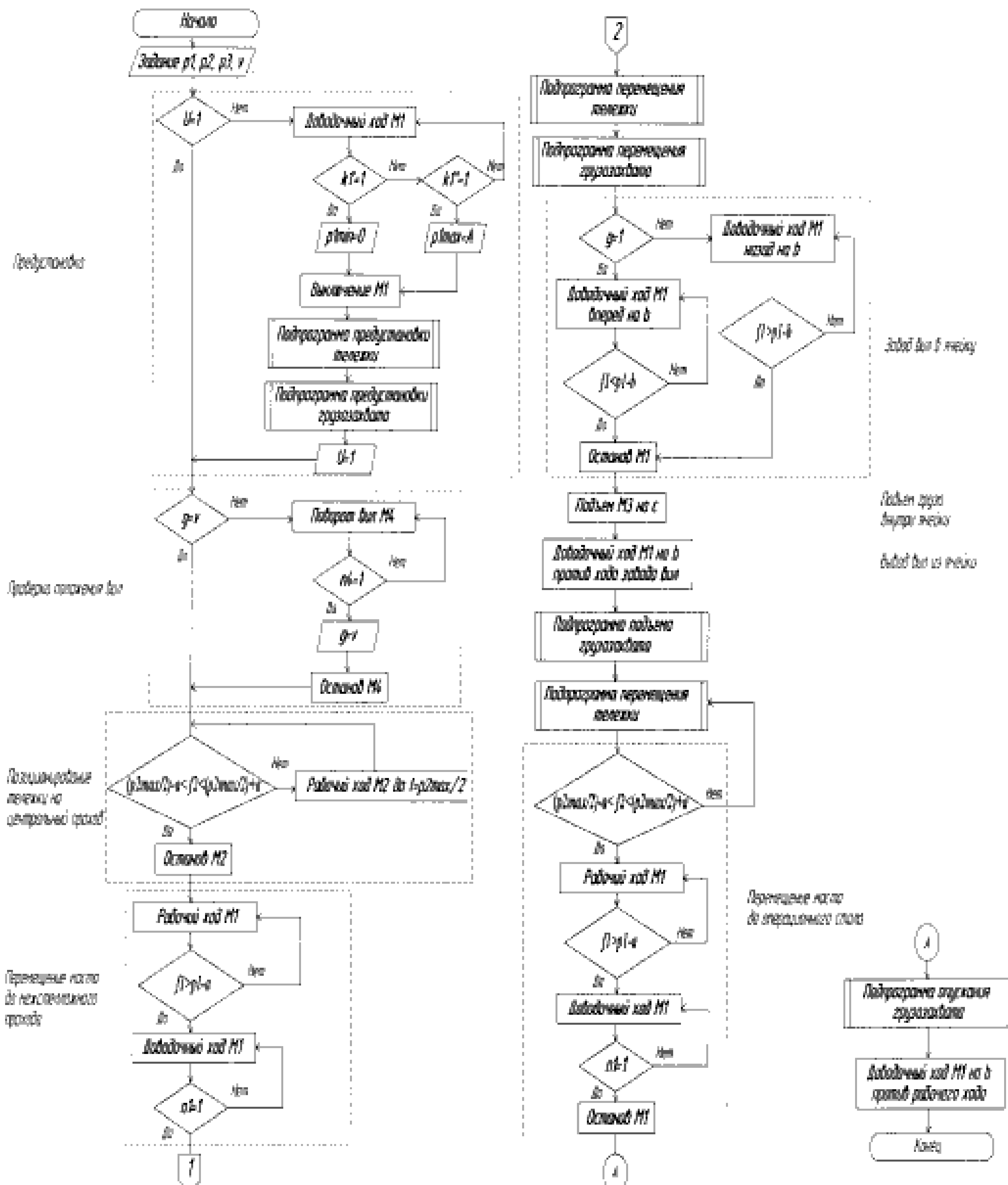


Рисунок 4.9 – Алгоритм работы системы управления

5 ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Эффективность робототехнологического складского комплекса

Экономическая эффективность комплекса определяется повышением уровня автоматизации и организации производственных процессов, осуществляющих на них, гибкостью этих модулей при смене объектов производства. Эти и другие факторы определяют источники экономии и затрат, учитываемых при расчёте годового экономического эффекта.

Основными источниками эффективности робототехнологического складского комплекса являются:

- повышение производительности оборудования за счёт более полного использования его технических возможностей;
- сокращение времени обслуживания производства и клиентов компании;
- повышения производительности за счёт полной автоматизации комплекса;
- сокращение времени запрос- поставка;
- повышение производительности труда как следствие замены ручного и машинно-ручного труда автоматизированным за счет применения автоматизированных кранов, сокращение потерь рабочего времени и высвобождение рабочих;
- уменьшение материальных потерь за счет ограничения доступа к хранимому.

Автоматизация склада заключается в установке автоматического крана, стеллажей хранения и установки системы позиционирования.

5.2 Расчёт суммы капитальных вложений по сравниваемым вариантам

Капитальные вложения, учитываемые при определении эффективности складываются из следующих затрат:

- балансовой стоимости оборудования

$$K_{об} = Ц_{об} \cdot 1,1, \text{ руб.}, \quad (5.1)$$

где $Ц_{об}$ – стоимость единицы оборудования;

1,1 – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку и монтаж оборудования.

Для базового варианта стоимость единицы оборудования $Ц_{об}$ равна стоимости установленного оборудования фирмы Robostore.

Данный комплекс представляет высотный склад с автоматическими кранами-штабелерами, в стоимость которого входит оборудование, проектные работы и стоимость монтажа. Для склада площадью 40x15 м стоимость его составляет 2200000 руб.

Для проектируемого варианта расчёт стоимости оборудования приведён в таблице №. 10

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Монтаж и отладка комплекса 3% от стоимости всего оборудования и равна 24300 руб.

Проектные работы 2% от стоимости всего оборудования и равны 16200 руб.

Таблица 10 – Расчет стоимости оборудования

Наименование оборудования	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Мостовой кран	1	190000
Металлоконструкция крана	1	90000
Электродвигатели	1	180000
Датчики положения	3	57000
Индуктивные датчики	3	4000
Стеллажные конструкции	1	80000
Преобразователи частоты	4	43000
Фотобарьер	1	26000
ПЛК	1	140000
Итого		810000

Итого стоимость комплекса: Цоб = 810 000 руб.

Капитальные вложения для базового варианта:

$$Коб1 = 2200000 \cdot 1,1 = 2420000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения для проектируемого варианта:

$$Коб2 = 810000 \cdot 1,1 = 891000 \text{ руб.}$$

Стоимость производственной, вспомогательной и служебно-бытовой площади:

$$Кпл = 1,1 \cdot Цпл \cdot Fоб \cdot \gamma + Цпл.быт \cdot Fбыт \cdot Rп, \text{ руб.}, \quad (5.2)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий вспомогательную площадь;

Цпл – стоимость одного квадратного метра площади Цпл=886 руб.;

Fоб – площадь, занимаемая оборудованием в м²;

γ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь;

Цпл.быт. – стоимость одного квадратного метра служебно-бытовых помещений Цпл.быт=400 руб.;

Fбыт – площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего Fбыт =7 м²;

Rп – количество производственных рабочих, чел.

Стоимость площади для базового варианта:

$$Кпл1 = 1,1 \cdot 886 \cdot 600 \cdot 1,1 + 400 \cdot 7 \cdot 4 = 654000 \text{ руб.}$$

Стоимость площади для проектируемого варианта:

$$K_{пл2} = 1,1 \cdot 886 \cdot 600 \cdot 1,1 + 400 \cdot 7 \cdot 2 = 648000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения по сравниваемым вариантам

$$K = K_{об} + K_{пл} + K_{монт} + K_{пр}, \text{ руб.} \quad (5.3)$$

Для базового варианта:

$$K_1 = 2420000 + 654000 = 3074000 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта:

$$K_2 = 891000 + 648000 + 24300 + 16300 = 1579600 \text{ руб.}$$

5.3 Расчёт отдельных статей себестоимости

Затраты на основную и дополнительную заработную плату рабочих с отчислениями:

$$З = Р_{ед} \cdot 12 \cdot N \cdot K_{пр} \cdot K_{рк} \cdot K_{дот} \cdot K_{соц}, \text{ руб.}, \quad (5.4)$$

где P – оклад месячный. Оклад инженера 1 категории составляет 16800 руб/мес;

N – количество работников комплекса

$K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий приработок рабочего $K_{пр} = 1,4$;

$K_{рк}$ – районный коэффициент $K_{рк} = 1,15$;

$K_{дот}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату $K_{дот} = 1,18$;

$K_{соц}$ – Коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды $K_{соц} = 1,357$.

Затраты на амортизацию технологического оборудования:

$$A = K_{об} \cdot a / 100, \text{ руб.}, \quad (5.5)$$

где a – норма амортизационных отчислений, которая устанавливается исходя из срока полезного использования $T = 10$ лет ($a = 10\%$).

Затраты на ремонт и содержание площадей:

$$З_{пл} = N_{пл} \cdot (F_{об} \cdot 1,1 \cdot F_{быт} \cdot R_{п}), \text{ руб.}, \quad (5.6)$$

где $N_{пл}$ – норматив затрат на ремонт и содержание одного квадратного метра производственной площади и площади служебно-бытовых помещений $N_{пл} = 180$ руб. Все расчёты сводим в таблицу 11.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

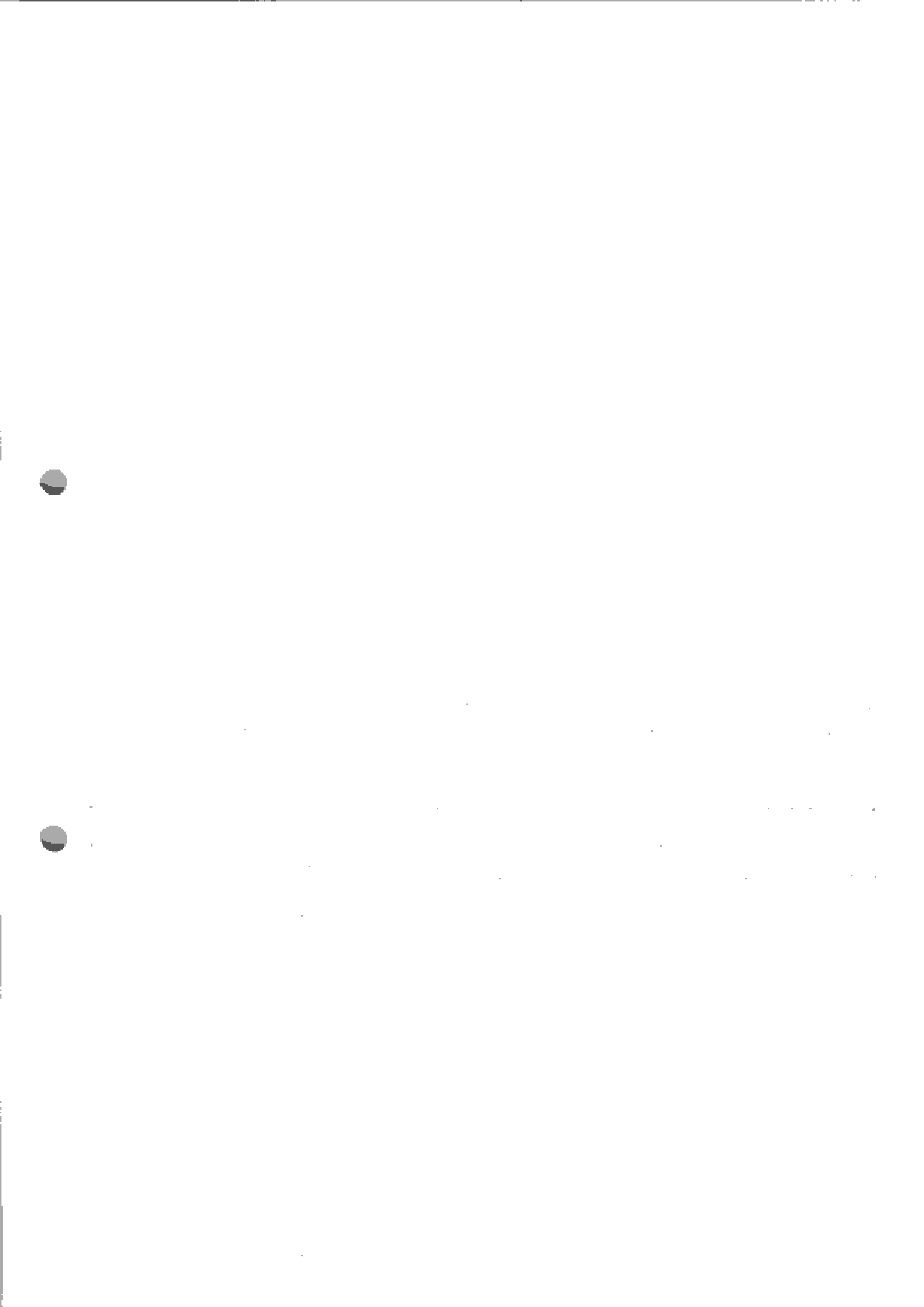


Таблица 11 – Расчёт себестоимости

Статьи затрат	Расчётная формула	Расчёт	
		1 вариант (базовый)	2 вариант (проектируемый)
Затраты на заработную плату рабочих, руб.	$Z = P \cdot K_{пр} \cdot K_{рк} \cdot K_{дот} \cdot K_{соц}$	$Z_1 = 16800 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 1,4 \cdot 1,15 \cdot 1,18 \cdot 1,357 = 1842000$	$Z_2 = 16800 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 1,4 \cdot 1,15 \cdot 1,18 \cdot 1,357 = 736800$
Затраты на амортизацию технологического оборудования, руб.	$A = K_{об} \cdot a / 100$	$A_1 = 2420000 \cdot 10 / 100 = 242000$	$A_2 = 891000 \cdot 10 / 100 = 89100$
Затраты на ремонт и содержание площадей, руб.	$Z_{пл} = N_{пл} \cdot (F_{об} \cdot 1,1 \cdot F_{быт} \cdot R_{п})$	$Z_{пл1} = 180 \cdot (600 \cdot 1,1 \cdot 7 \cdot 4) = 123840$	$Z_{пл2} = 180 \cdot (600 \cdot 1,1 \cdot 7 \cdot 2) = 121320$
Итого, руб.		2207840	947120

5.4 Обоснование экономической эффективности внедрения робототехнологического складского комплекса

В таблице 12 представлены основные показатели эффективности внедрения по базовому и проектному вариантам,

где Ток – расчётный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений;

K1 и K2 – сумма капитальных вложений по сравниваемым вариантам;

C1 и C2 – себестоимость хранения продукции в течении года, осуществляемая с помощью базовой и новой техники;

Таблица 12 – Расчёт показателей экономической эффективности внедрения робототехнологического складского комплекса

Наименование показателя	Единица измерения	Расчётная формула	Расчёт
Капитальные вложения по базовому варианту	руб.	$K = K_{об} + K_{пл}$	3074000
Капитальные вложения по проектному варианту	руб.	$K = K_{об} + K_{пл} + K_{монт} + K_{пр}$	1579600
Условная годовая экономия	руб.	$\Delta_{yr} = C_1 - C_2$	$\Delta_{yr} = 2207840 - 947120 = 1260720$
Годовой экономический эффект	руб.	$\Delta_r = \Delta_{yr} \cdot E_n \cdot K_d$	$\Delta_{год} = 1260720 \cdot 0,15 \cdot 1494400 = 1036560$
Снижение себестоимости хранения	%	$C_{себ} = [(C_1 - C_2) / C_1] \cdot 100$	$C_{себ} = [(2207840 - 947120) / 2207840] \cdot 100 = 57$
Высвобождение рабочих	%	$C_{числ} = [(R_{n1} - R_{n2}) / R_{n1}] \cdot 100$	$C_{числ} = [(4 - 2) / 4] \cdot 100 = 50$

В результате расчётов установлена экономическая целесообразность внедрения, разработанного робототехнологического складского комплекса, а именно:

- увеличение производительности труда и высвобождение численности рабочих на 50%;
- снижение себестоимости хранения на 57%;
- годовой экономический эффект составляет 1036560 руб.

Как видим, по сравнению со складом Robostore, наш проект более предпочтителен. Его меньшая стоимость достигается за счет одного крана, а не нескольких. Соответственно затраты на обслуживание и зарплату значительно меньше. Можно сделать вывод о том, что предпочтительным для внедрения является проектный вариант робототехнологического складского комплекса.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Краткое описание производственного участка

В складском помещении, размерами 40 x 15 x 14 м, спроектирован робототехнологический складской комплекс. В нем находятся:

- кран-штабелер, выполненный на базе подвесного мостового крана с вертикальной колонной, грузоподъемностью 1 т;
- стеллажные конструкции;
- стойка управления, где смонтированы программируемый логический контроллер, преобразователи частоты и модули ввода-вывода;
- шкаф электропитания склада;
- рабочее место оператора.

Система управления включает в себя также датчики положения крана, аварийные бесконтактные выключатели и фотобарьер, предотвращающий проход персонала в зону работы крана.

На столе оператора, высотой от пола 1 м, размещен персональный компьютер для контроля и управления складом.

6.2 Анализ производственных опасностей

Опасность автоматических складов обусловлена тем, что на данных участках присутствуют быстродвижущиеся автоматические механизмы.

В нашем случае это кран-штабелер, перемещающийся по проходам между стеллажами с максимальной скоростью 50 м/мин. Присутствует опасность поражения электрическим током, повышенный уровень шума и вибраций, высокие или низкие температуры.

Источниками шума и вибрации являются электродвигатели в системе привода крана и ходовые колеса кран, обкатывающиеся по рельсам.

6.3 Производственная санитария

6.3.1 Определение категории тяжести труда при работе на проектируемом объекте

Рабочее место оператора находится непосредственно рядом со стойкой системы управления. Система управления находится внутри здания в отапливаемом помещении. Функции оператора заключаются в приемке и отправке сопроводительных документов груза, выдаче команд системе на загрузку-выгрузку ячеек склада. Он находится за столом с персональным компьютером и тратит за час не более 150 ккал, поэтому его работа относится к категории Ib.

										Лист
										78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

6.3.2 Установление оптимальных параметров микроклимата для помещений проектируемого объекта

Согласно нормам производственного микроклимата, для категории Ib выберем оптимальные параметры микроклимата.

В холодный период года:

- температура воздуха должна соответствовать 21...23 °С;
- относительная влажность воздуха – 40...60%;
- скорость движения воздуха – 0,1 м/с.

В теплый период года:

- температура воздуха должна соответствовать 22...24 °С;
- относительная влажность воздуха – 40...60%;
- скорость движения воздуха – 0,2 м/с.

6.3.3 Разработка мероприятий по обеспечению оптимальных параметров микроклимата

Оптимальные параметры микроклимата в помещении достигаются следующими мероприятиями:

– в холодный период года, для поддержания оптимальной температуры, производится отопление помещения;

– для создания оптимальных метеорологических условий помещение склада оборудовано системой кондиционирования воздуха, которая обеспечивает автоматически регулировку температуры воздуха, его относительную влажность и скорость подачи в помещение в зависимости от времени года, наружных метеорологических условий, различных видов хранимых грузов;

– для обеспечения санитарных норм микроклимата воздуха в кондиционере производят специальную обработку: ионизацию, дезодорацию, озонирование.

6.3.4 Нормирование, выбор и расчет системы освещения

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05-95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения. В зависимости от размера объекта различения все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на восемь разрядов, которые, в свою очередь, в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на четыре подразряда.

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью E_{min}) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности k_E). Принято раздельное нормирование искусственного освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Нормативное значение освещенности для газоразрядных ламп при прочих равных условиях из-за их большей светоотдачи выше, чем для ламп накаливания. При комбинированном освещении доля общего освещения должна быть не менее 10% нормируемой освещенности. Эта величина должна быть не менее 150 лк для газоразрядных ламп и 50 лк для ламп накаливания.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения в производственных помещениях показатель ослепленности не должен превышать 20...80 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной работы. При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты 50 Гц, глубина пульсаций не должна превышать 10...20 % в зависимости от характера выполняемой работы.

Выполним расчет искусственного освещения для помещения покрасочного участка размером 40 x 15 x 10 м.

Согласно СНиП 23-05-95 нормированная освещенность E_n для искусственного освещения средней точности работ составляет 300 лк.

Расчет освещения проводится методом коэффициента использования светового потока. При этом световой поток определяется по формуле:

$$\Phi_n = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot Z}{\eta \cdot N \cdot i}, \text{ лк}, \quad (6.1)$$

где E_n – нормируемая освещенность, лк;

S – площадь помещений, м^2 ;

K – коэффициента запаса;

Z – коэффициент неравномерности освещенности, значение которого для ламп накаливания и ДРЛ – 1,15; для люминесцентных ламп – 1,1;

N – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока;

i – индекс помещений.

Индекс помещений найдем по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (6.2)$$

где A и B – длина и ширина помещения, м;

H_p – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м

Высоту подвеса светильников найдем по формуле:

$$H_p = H - h_c - h, \text{ м}, \quad (6.3)$$

где H – общая высота помещений, м;

h_c – высота от светильника до потолка, м;

h – высота от пола до освещаемой рабочей поверхностями, м.

$$H_{св} = 10 - 1,2 - 1 = 7,8 \text{ м.}$$

Далее можно найти индекс помещений

$$i = \frac{40 \cdot 15}{7,8 \cdot (40 + 15)} = 1,4.$$

Для равномерного распределения освещенности найдем количество светильников

$$N = \frac{S}{L^2}, \quad (6.4)$$

где L – расстояние между центрами светильников.

Обеспечение равномерного распределения освещенности достигается в том случае, если отношение L/H_p расстояния между центрами светильников L к высоте их подвеса над рабочей поверхностью $H_{св}$ составляет для светильника ОД – 1,4.

Найдем расстояние между центрами светильников:

$$\begin{aligned} L &= 1,4 \cdot H_p, \text{ м} \\ L &= 1,4 \cdot 7,8 = 10,9 \text{ м.} \end{aligned} \quad (6.5)$$

Количество светильников будет:

$$N = \frac{40 \cdot 15}{10,9^2} = 6.$$

Остальные данные для расчета

$$\begin{aligned} K &= 1,5; \\ \eta &= 0,3. \end{aligned}$$

Найдем световой поток

$$\Phi_{л} = \frac{300 \cdot 600 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{0,3 \cdot 6 \cdot 1,4} = 123214 \text{ лм.}$$

Выбираем лампу Г-215-225-1000 со световым потоком 19600 лм. Рассчитаем необходимое количество ламп в светильнике:

$$N_{л} = \frac{123214}{19600} = 6,28 \approx 6.$$

Определим фактический световой поток светильника:

$$\Phi_{ф} = 19600 \cdot N_{л}, \text{ лм,} \quad (6.6)$$

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Phi_{\phi} = 19600 \cdot 6 = 117600 \text{ лм.}$$

Определим погрешность:

$$\frac{123214 - 117600}{123214} \cdot 100\% = 4,5\%,$$

что находится в пределах допустимого.

Выбираем шесть светильников с лампами накаливания Г-215-225-1000. Схема расположения светильников показана на рисунке 6.1.

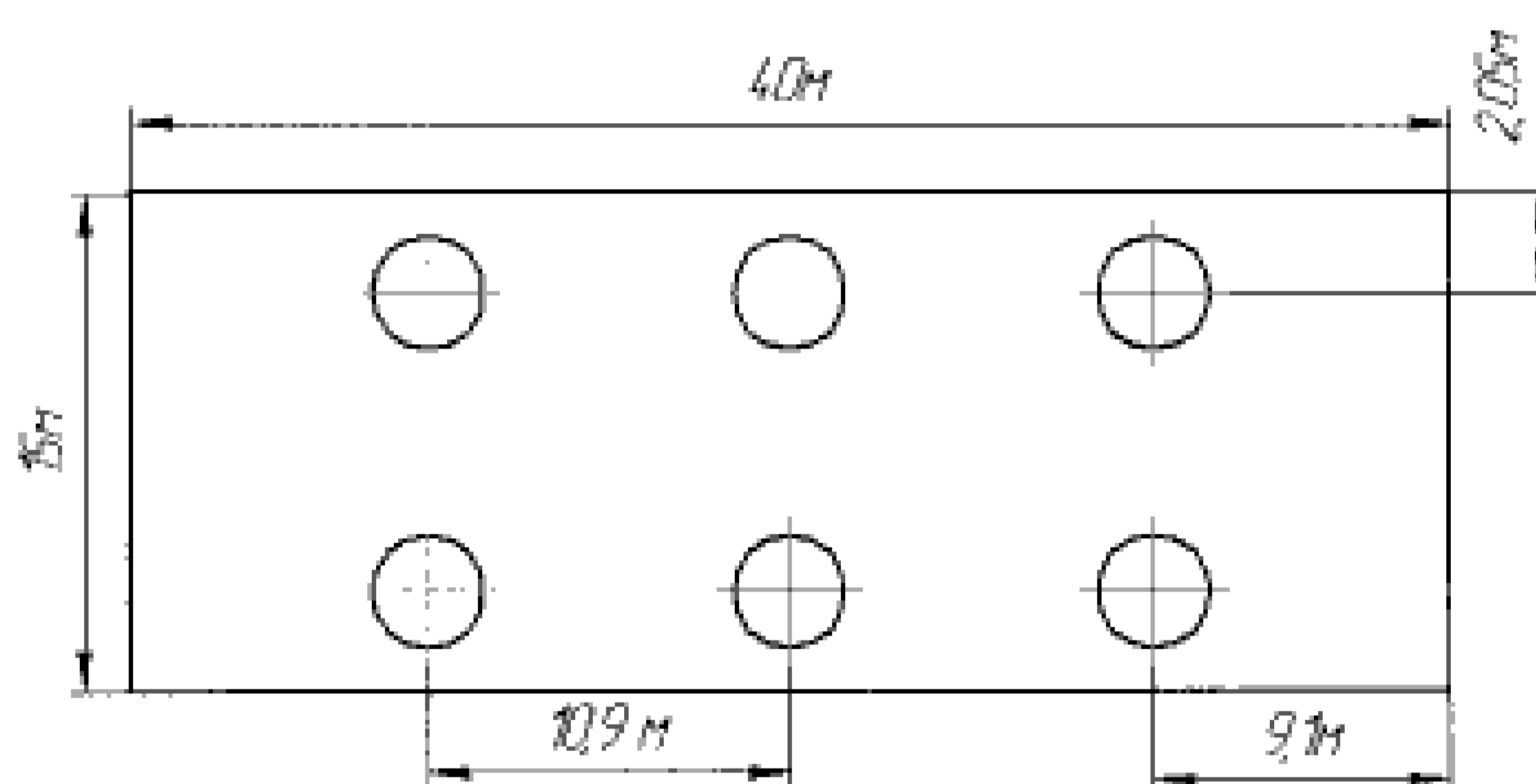


Рисунок 6.1 – Схема расположения светильников

6.3.5 Выбор и расчет систем вентиляции

Для помещения склада, в качестве вентиляции, используется кондиционер. Для расчета его производительности, необходимо рассчитать необходимый воздухообмен для всего помещения в целом по формуле

$$L = n \cdot L_1, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.7)$$

где n – число работающих в данном помещении;

L_1 – расход воздуха на одного работающего.

Число работающих в помещении – 2 (оператор комплекса и комплектовщик грузов).

Помещение контроля ограждено, поэтому расход воздуха на одного человека составляет 40 м^3 .

Необходимый воздухообмен для всего помещения будет равен:

$$L = 2 \cdot 40 = 80 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Для помещения контроля необходим кондиционер производительностью не менее 80 м^3 .

										Лист
										82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ					

6.3.6 Разработка мероприятий по снижению энергетических воздействий

В помещении контроля комплекса разработка мероприятий по снижению энергетических воздействий не требуется. Для снижения уровня шумов предусмотрена защита от шумового воздействия стронительно-акустическими методами с этой целью устанавливаются звукопоглощающие облицовки. Уменьшение уровня вибраций предусматривает установку электрических машин при помощи вибропоглощающих прокладок и нанесение на кожухи вибропоглощающих покрытий.

6.3.7 Техника безопасности

6.3.7.1 Организационные и правовые вопросы охраны труда

Робототехнологический складской комплекс относится к электротехнологическому оборудованию.

Обслуживание кран-штабелера, должен осуществлять электротехнологический персонал. Он должен иметь достаточные навыки и знания для безопасного выполнения работ и технического обслуживания системы управления.

Руководители, в непосредственном подчинении которых находится электротехнологический персонал, должны иметь группу по электробезопасности не ниже, чем у подчиненного персонала. Они должны осуществлять техническое руководство этим персоналом и контроль за его работой, следить за выполнением плановых регламентных работ.

Работники, принимаемые для выполнения работ автоматизированной системы управления, должны иметь профессиональную подготовку. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены (до допуска к самостоятельной работе) в специализированных центрах подготовки персонала.

Профессиональная подготовка персонала, повышение его квалификации, проверка знаний и инструктажи проводятся в соответствии с требованиями государственных и отраслевых нормативных правовых актов по организации охраны труда и безопасной работе персонала.

Для обучения работнику должен быть предоставлен срок, достаточный для ознакомления с системой управления в объеме:

- правил устройства электроустановок, правил безопасности, правил и приемов оказания первой помощи при несчастных случаях на производстве, правил применения и испытания средств защиты, правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- должностных и производственных инструкций;
- инструкций по охране труда.

Проверка состояния здоровья работника проводится до приема его на работу, а также периодически, в порядке, предусмотренном Минздравом России. Совмещаемые профессии должны указываться администрацией организации в направлении на медицинский осмотр. [Приказ Министерства здравоохранения и медицинской промышленности Российской Федерации от 14 марта 1996 г. №90 «О порядке проведения предварительных и периодических осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии»].

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Работнику, прошедшему проверку знаний по охране труда при эксплуатации электроустановок, выдается удостоверение установленной формы, в которое вносятся результаты проверки знаний.

Работник, проходящий стажировку, дублирование, должен быть закреплен распоряжением за опытным работником. Допуск к самостоятельной работе должен быть также оформлен соответствующим распоряжением руководителя предприятия.

Каждый работник, если он не может принять меры к устранению нарушений правил по охране труда, должен немедленно сообщить вышестоящему руководителю о всех замеченных им нарушениях и представляющих опасность для людей.

6.3.7.2 Защита от механического травмирования

К средствам защиты от механического травмирования относятся: предохранительные, тормозные, оградительные устройства, средства автоматического контроля и сигнализации, знаки безопасности, системы дистанционного управления [3].

Предохранительные защитные средства служат для автоматического отключения машин при отклонении какого-либо параметра за пределы допустимых значений.

В нашем комплексе выделена зона работы крана. Эта зона имеет механическое ограждение. Для контроля системой управления этой зоны установлен световой барьер, при пересечении которого отключается оборудование.

Для предотвращения выезда крана за пределы зоны работы мост оснащен датчиками предотвращения наезда и буферными устройствами.

На кране установлены стояночные тормоза, ловитель грузов и электромеханический ограничитель грузоподъемности.

6.3.8 Проектирование защитного заземления оборудования

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Назначение защитного соединения – устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования, т.е. при замыкании их на корпус.

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус, за счет уменьшения потенциала заземленного оборудования, а также выравнивания потенциала основания и оборудования.

Суммарная мощность установленного оборудования 14 кВт при питающем напряжении ~380 В.

Выберем допустимое сопротивление заземляющего устройства $R_{зд}$ согласно правила устройства электроустановок. Сопротивление защитного заземления в любое время года не должно превышать допустимого сопротивления и при проектировании заземляющего устройства следует соблюдать приведенные в ПУЭ требования.

										Лист
										84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ					

Характеристики установок относятся к электроустановкам до 1000 В и потребляет менее 100 кВА. Допустимое сопротивление заземляющего устройства $R_{зд}$ должно быть 10 Ом.

Выберем допустимое сопротивление заземляющего устройства $R_{зд}$ согласно правила устройства электроустановок. Сопротивление защитного заземления в любое время года не должно превышать допустимого сопротивления и при проектировании заземляющего устройства следует соблюдать приведенные в ПУЭ требования.

Характеристики установок относятся к электроустановкам до 1000 В и потребляет менее 100 кВА. Допустимое сопротивление заземляющего устройства $R_{зд}$ должно быть 10 Ом.

Определим расчетное удельное сопротивление

$$\rho = \rho_r \cdot \psi, \text{ Ом}, \quad (6.8)$$

где $\rho_r = 70$ – удельное сопротивление грунта;

$\psi = 1,5$ – климатический коэффициент, зависящий от вида грунта и степени влажности.

Удельное сопротивление грунта ρ_r для суглинков будет 70 Ом·м. Климатический коэффициент ψ для Южного Урала вертикальных заземлителей будет 1,5.

Расчетное удельное сопротивление будет:

$$\rho = 70 \cdot 1,5 = 105 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

В нашем случае естественных заземлителей не будет, поэтому выберем контурное заземляющее устройство, с числом заземлителей – 4, расположенные друг от друга на 3 м. В качестве заземлителя используем вертикально погруженную трубу диаметром 100 мм, длиной 2 м, на глубину до верхнего края трубы 1 м. Определим сопротивление одного искусственного заземлителя по формуле:

$$R_{ct} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \text{ Ом}, \quad (6.9)$$

где $d = 0,1$ – диаметр трубы;

$l = 3$ – длина трубы;

$t = 2$ – расстояние от центра трубы до поверхности земли.

Поставим значение, получим

$$R_{ct} = \frac{105}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,1} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 32,957 \text{ Ом}.$$

Для соединения всех заземлителей выберем соединяющую полосу шириной 50 мм. Длину соединяющей полосы для выносного заземляющего устройства вычислим по формуле:

$$l_1 = l_{мз} \cdot n, \text{ м}, \quad (6.10)$$

где $l_{мз} = 3$ – расстояние между заземлителями;

$n = 4$ – количество заземлителей.

Поставим значение, получим

$$L_{п} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ м.}$$

Определим сопротивление соединительной полосы $R_{п0}$ без учета экранирования:

$$R_{п} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_1} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_1^2}{b \cdot t}, \text{ Ом}, \quad (6.11)$$

где $b = 0.05$ – ширина полосы;

$t = 1$ – глубина погружения.

Поставим значения, получим

$$R_{п} = \frac{105}{2 \cdot 3,14 \cdot 12} \cdot \ln \frac{2 \cdot 12^2}{0,05 \cdot 1} = 12,058 \text{ Ом.}$$

Определим общее сопротивление вертикальных электродов по формуле:

$$R_{в} = \frac{R_{в1}}{n \cdot \eta_{в}}, \text{ Ом}, \quad (6.12)$$

где $\eta_{в} = 0.74$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей

Поставим значения, получим

$$R_{в} = \frac{32,957}{4 \cdot 0,74} = 11,134 \text{ Ом.}$$

Определим сопротивление соединительной полосы с учетом экранирования:

$$R_1 = \frac{R_{п}}{\eta_1}, \text{ Ом}, \quad (6.13)$$

где $\eta_1 = 0.49$ – коэффициент использования соединительной полосы.

Поставим значение, получим

									Лист
									86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.079.00 ПЗ				

$$R_I = \frac{12,058}{0,49} = 24,608 \text{ Ом.}$$

Определяется расчетное сопротивление искусственного заземлителя:

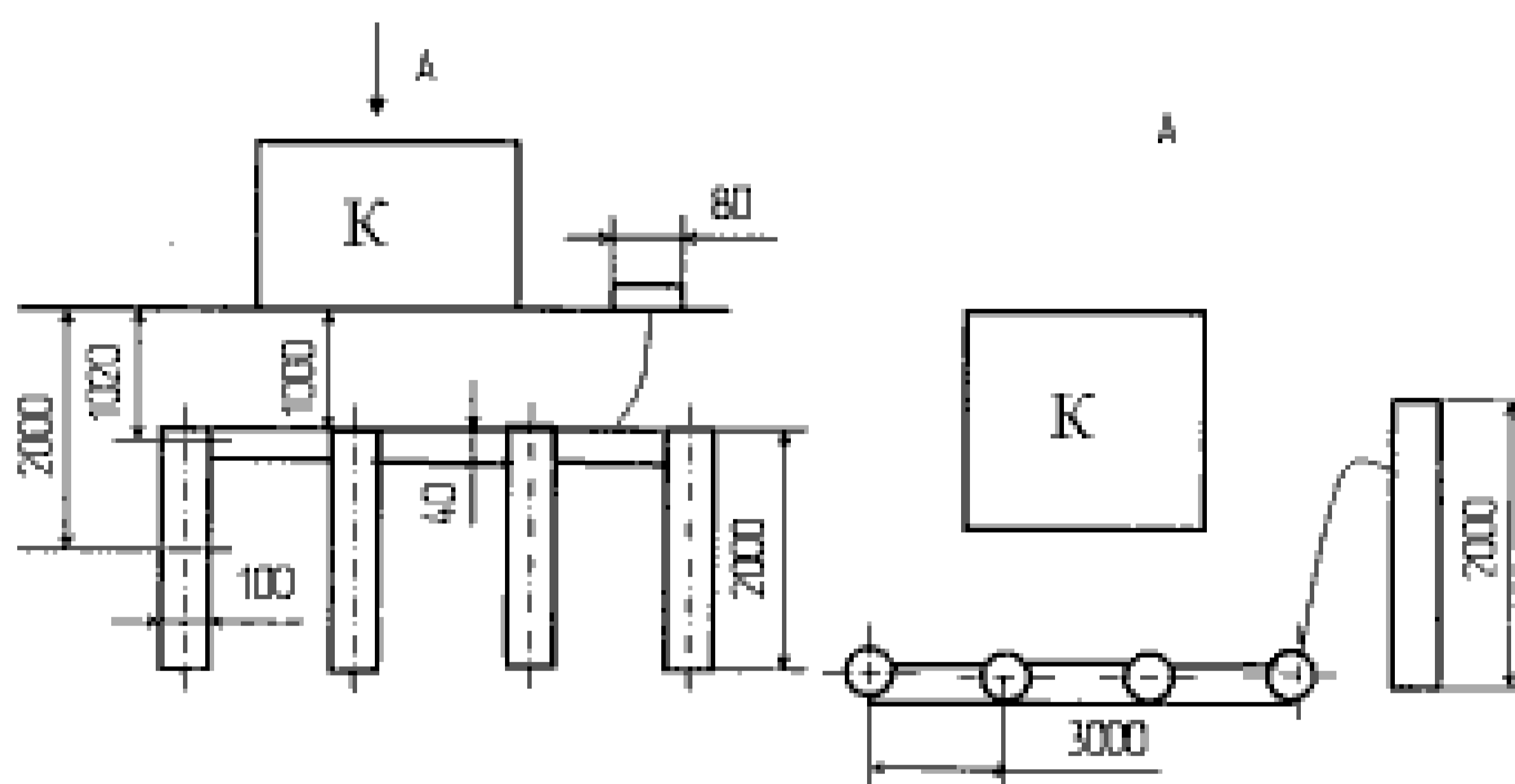
$$R_{\text{эсд}} = \frac{R_A \cdot R_I}{R_A + R_I}, \text{ Ом.} \quad (6.14)$$

Поставим значения, получим

$$R_{\text{эсд}} = \frac{11,134 \cdot 24,058}{11,134 + 24,058} = 7,611 \text{ Ом.}$$

Условие $R_{\text{изр}} \leq R_{\text{зд}}$ выполняется, так как $7,611 < 10$.

Схема заземляющего устройства приведена на рисунке 6.2.



К - складской комплекс

Рисунок 6.2 – Схема заземляющего устройства

6.3.9 Пожарная безопасность

6.3.9.1 Определение категории помещения противопожарной опасности

Помещение складского комплекса приравнивается к помещениям категории Д, так как в этом помещении используются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии, не предусматривается хранение таких веществ. Комплекс предназначен для хранения машинокомплектов и сборочных комплектов изделий машиностроительного производства.

6.3.9.2 Выбор первичных средств пожаротушения

Выбор типа и расчет необходимого количества огнетушителей следует производить в зависимости от их огнетушащей способности, предельной площади, класса пожара горючих веществ и материалов в защищаемом помещении или на объекте согласно ИСО № 3941-77:

Расстояние от возможного очага пожара до места размещения огнетушителя не должно превышать 70 м для помещений категории Д.

Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, проходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Их следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,5 м.

Для размещения первичных средств пожаротушения, немеханизированного инструмента и пожарного инвентаря в производственных и складских помещениях, не оборудованных внутренним противопожарным водопроводом и автоматическими установками пожаротушения, а также на территории предприятий (организаций), не имеющих наружного противопожарного водопровода, или при удалении зданий (сооружений), наружных технологических установок этих предприятий на расстоянии более 100 м от наружных пожарных водоисточников должны оборудоваться пожарные щиты. Необходимое количество пожарных щитов и их тип определяются в зависимости от категории помещений, зданий (сооружений) и наружных технологических установок по взрывопожарной и пожарной опасности, предельной защищаемой площади одним пожарным щитом и класса пожара по ИСО N 3941-77 для пожарной опасности категории Д, на площадь 1800 м² устанавливается один щит ЦП – Е.

Комплектация щита ЦП – Е приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Комплектация щита ЦП – Е

Наименование первичных средств	Нормы комплектации
Огнетушители порошковые (ОП) вместимостью 10 л	1
Крюк с деревянной рукояткой	1
Комплект для резки электропроводов: ножницы, диэлектрические боты и коврик	1
Асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала)	1
Лопата совковая	1
Ящик с песком	1

Ящики с песком, как правило, должны устанавливаться со щитами в помещениях или открытых площадках, где возможен разлив легковоспламеняющихся или горючих жидкостей. Для помещений и наружных технологических установок категории Д не менее 0,5 м³ на каждую 1000 кв. м защищаемой площади.

Асбестовые полотна, грубошерстные ткани или войлок должны быть размером не менее 1 х 1 м и предназначены для тушения очагов пожара веществ и материалов на площади не более 50% от площади применяемого полотна, горение которых не может происходить без доступа воздуха. В местах применения и хранения ЛВЖ и ГЖ размеры полотен могут быть увеличены до 2 х 1,5 м или 2 х 2 м.

Асбестовое полотно, грубошерстные ткани или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала) должны храниться в водонепроницаемых закрывающихся футлярах (чехлах, упаковках), позволяющих быстро применить эти сред-

ства в случае пожара. Указанные средства должны не реже одного раза в 3 месяца просушиваться и очищаться от пыли.

6.4 Порядок действий руководителей формирований гражданской обороны при организации спасательных и других работ.

В случае возникновения чрезвычайных ситуаций при организации спасательных и других видов работ руководитель подразделения гражданской обороны организует эти работы.

При оценке обстановки командир формирования (начальник службы) должен изучить:

- характер и объем разрушений, пожаров и заражения на участке (объекте) работ и на пути движения к нему, виды предстоящих работ и их объем;
- наиболее целесообразное направление выдвижения и ввода формирования в очаг поражения (зону заражения) и на участок работ;
- радиационную, химическую, пожарную, инженерную обстановку и ее влияние на выполнение задачи;
- положение, состояние и обеспеченность своего и приданных формирований и их возможности;
- положение, характер действий и задачи соседей;
- характер местности и ее влияние на действия формирования, наличие и состояние маршрутов движения к очагу поражения и на участок работ;
- влияние погоды, времени года и суток на выполнение задачи.

На основе уяснения задачи и оценки обстановки командир формирования (начальник службы) принимает решение, в котором определяет (варианты решений):

- какой объем работ необходимо выполнить подчиненным подразделениям (подчиненным) и на каком участке сосредоточить основные усилия; последовательность выполнения работ, режимы работ, распределение сил и средств усиления;
- задачи подчиненного и приданных формирований, способы и сроки их выполнения;
- меры безопасности;
- порядок взаимодействия;
- мероприятия по организации управления и обеспечению.

Командир формирования (начальник службы) принимает решение и отдает приказ (распоряжение), используя при необходимости соответствующий план или схему объекта, на котором планируется проведение спасательных или иных работ, но, как правило, на своем объекте задачи будут ставиться на виду реальных объектов работ.

Задачи ставятся в первую очередь тем подразделениям, которые решают главную задачу, начинают действовать первыми.

В устном приказе (распоряжении) командир формирования (начальник службы) указывает (формы приказов):

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

- в первом пункте – краткие выводы из оценки обстановки на пути выдвижения и участке работ;
- во втором пункте – задачу формирования;
- в третьем пункте – задачи, выполняемые в интересах формирования другими силами, а также задачи соседей;
- в четвертом пункте – замысел действий;
- в пятом пункте – после слова “приказываю” ставятся задачи подчиненным подразделениям (группам, звеньям), а также приданным формированиям;
- в шестом пункте – место расположения медицинского пункта, пути и порядок эвакуации пораженных;
- в седьмом пункте – допустимые дозы радиоактивного облучения личного состава (в основном для военного времени);
- в восьмом пункте – время начала и окончания работ, свое место и заместителя.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта:

- на основе сравнительного анализа конструкций лучших образцов автоматических систем складирования, с учетом соотношения цены и качества, выбран прототип проектируемого склада;
- определены функционал, структура и компоновка робототехнологического складского комплекса;
- произведен выбор оборудования и средств автоматизации для функционирования робототехнологического складского комплекса;
- разработаны системы позиционирования, грузозахвата и управления робототехнологического складского комплекса;
- разработан алгоритм работы робототехнологического складского комплекса;
- выполнен расчет технико-экономических показателей робототехнологического складского комплекса.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка / А. М. Брылеев [и др.]. – М.: Транспорт, 1981. – 320 с.

2 Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля (АПК-ДК). Руководство по эксплуатации – ПРКТ.1630100.001РЭ-ЛУ. – Санкт-Петербург: ЗАО «МГП ИМСАТ», 2007. – 95 с.

3 Безопасность жизнедеятельности в условиях производства. Расчеты: учеб. пособие / Т. А. Бойко [и др.]; под общ. ред. Е. Б. Воробьева. – Ростов н/Д: 2007. – 128 с.: ил., табл., прил.

4 Белых, С. Ю. Методические указания и задание для выполнения контрольной работы по курсу «Экономика хозяйства сигнализации и связи» / С. Ю. Белых. – Иркутск: ИрГУПС, 2006. – 22 с.

5 Виноградов, В. В. Линии железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. В. Виноградов, С. Е. Кустышев, В. А. Прокофьев. – М.: Маршрут, 2002. – 416 с.

6 Евсеев И.Г. Защита устройств СЦБ от опасных напряжений и токов – М.: Транспорт, 1977. – 144с.

7 Ильенков В.И., Бауман В.Э., Янкин П.М. Эксплуатационные основы устройств автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1970. – 166с.

8 Лощинин А.В., Сибаров Ю.Г., Терешин В.С. Охрана труда на железнодорожном транспорте М.: Транспорт, 1977. – 447с.

9 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М - 016 - 2001 РД 153-34.0-03.150-00 - Москва: НЦЭНАС, 2001. – 209 с.

10 Нормы технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на Федеральном железнодорожном транспорте – НТП СЦБ / МПС-99. – М.: Транспорт, 1999. – 46 с.

11 Отраслевые правила по охране труда при техническом обслуживании и ремонте устройств сигнализации, централизации и блокировки на федеральном железнодорожном транспорте ПОТ РО 13153-ЦШ 877-02. – М.: Транспорт, 2002. – 104 с.

12 Панели распределительные ПР1-ЭЦК, ПР1-ЭЦК1. Руководство по эксплуатации 36763-201-00 РЭ. – М.: Транспорт, 2000. – 20 с.

13 Панели стрелочные ПСТН1-ЭЦК1, ПСТН1-ЭЦК2, ПСТН1-ЭЦК3. Руководство по эксплуатации 36763-401-00 РЭ. – М.: Транспорт, 2000. – 13 с.

14 Панель вводная ПВ1-ЭЦК. Руководство по эксплуатации 36763-101-00 РЭ. – М.: Транспорт, 2000. – 23 с.

15 Панель выпрямительно-преобразовательная ПВП1-ЭЦК. Руководство по эксплуатации 36763-301-00 РЭ. – М.: Транспорт, 2000. – 26 с.

16 Правила по монтажу устройств СЦБ - ПР32 ЦШ 10.02-96. – М.: Транспорт, 1997. – 113 с.

17 Правила по прокладке и монтажу кабелей устройств СЦБ - ПР32 ЦШ 10.02-95. – М.: Транспорт, 1995. – 97 с.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

18 Правила пожарной безопасности на железнодорожном транспорте (ЦУО-112). – М.: Транспорт, 1999. – 166 с.

19 Типовые материалы для проектирования – 410726-ТМП, Альбом 2. Система диспетчерского контроля и диагностики устройств железнодорожной автоматики и телемеханики АПК-ДК. – Санкт-Петербург: ЗАО «МГП ИМСАТ», 2007. – 121 с.

					220301.2016.079.00 ПЗ	Лист
						93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		