

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технологии машиностроитель-
ного производства»

Ширинова Ширин Садриддин кизи

Компьютерное моделирование автоматизированной парковочной системы

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071200 – Машиностроение

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технологии
машиностроительного производства»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
СМ и ТМП, PhD, асс. проф.
Арымбеков Б.С.
« 26 » 09 2019г.



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Компьютерное моделирование автоматизированной парковочной
системы»

по специальности: 5B071200 - Машиностроение

Выполнила

Ширинова Ш.С.

Рецензент

Кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
(должность, уч. степень, звание)



(подпись)

Смаилова Г.А.
Ф.И.О

« 23 » 04 2019г.

Научный руководитель
Кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
(должность, уч. степень, звание)

(подпись)

Орлова Е.П.
Ф.И.О

« 25 » 04 2019г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технологии машиностроитель-
ного производства»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
СМиТП, PhD, ассоц.проф.
Арымбеков Б.С.
«16» 14 2018г.



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Шириновой Ширин Садриддин кизи

Тема: Компьютерное моделирование автоматизированной парковочной систе-
мы.

Утверждена приказом Ректора Университета № 1252-б от «6» ноября 2018 г.

Срок сдачи законченной работы «30» апреля 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: компьютерное моделирование автома-
тизированной парковочной системы, с грузоподъемностью платформы 2000 кг.

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Общие тенденции развития автоматизированных парковочных систем
- б) Определение основных параметров механизма подъема груза
- в) Исследование напряженно-деформированного состояния с помощью компь-
ютерного моделирования

Перечень графического материала: чертеж платформы на формате А4

представлены ___ слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 8 наименований

а) Моргачев В.Л. Подъемно-транспортные машины. – М.: Машино-
строение, 1974

б) Рябкова Е.Б. Проектирование многоэтажных гаражей и стоянок. –
Хабаровск: Издательство ТОГУ, 2014

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Обзор литературы	5.02.19 – 20.02.19	Ванопкина
Общие сведения о тенденциях развития и классификации парковочных систем	20.02.19 – 28.02.19	Ванопкина
Определение основных параметров механизма подъема груза	1.04.19 – 15.04.19	Ванопкина
Исследование напряженно-деформированного состояния парковочной системы с помощью компьютерного моделирования	20.04.19	Ванопкина

Подписи
нормоконтролера на законченную дипломную работу

Наименование разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Карпеков Р.К., лектор	27.04.2019	

Научный руководитель  Орлова Е.П.

Задание принял к исполнению обучающийся  Ширинова Ш.С.

Дата "7" исабре 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа является одним из решений актуальной на сегодняшний день проблемы с парковочным пространством. В данной работе рассмотрены наиболее распространённые виды, конструкции и принципы работы парковочных систем.

Представленная модель автоматизированной парковочной системы, смоделирована на основании предварительного анализа механизированных паркингов, которая является эффективным использованием пространства в сравнении с обычной автостоянкой.

Анализ напряженно-деформированного состояния конструкции и платформы был произведен с помощью САМ/САЕ системы. Рассчитаны основные узлы механизма подъема груза, такие как: стальной проволочный канат, блок, барабан для стального проволочного каната, электродвигатель и редуктор механизма.

При анализе полученных результатов были выявлены наиболее проблемные места. Дополнительное усиление конструкции за счет боковых профилей позволило снизить напряжения. Согласно карты напряжений, максимальные значения испытывают боковые стойки. Однако, действующее напряжение не превысило допустимое значение.

Проработанная в дипломной работе парковочная система может быть рекомендована для изготовления на машиностроительных заводах города Алматы и устанавливаться около административных зданий и жилищных комплексов.

ANNOTATION

This thesis is one of the solutions to the actual today problems with parking space. In this paper, the most common types, designs and principles of operation of parking systems are considered.

The presented model of an automated parking system was modeled on the basis of a preliminary analysis of mechanized parking lots, which would be an efficient use of space in comparison with a conventional parking lot.

Analysis of the stress-strain state of the structure and platform was performed using the CAM / CAE system. The main components of the load lifting mechanism are calculated, such as: steel wire rope, block, drum for steel wire rope, electric motor and gear reducer.

The parking system developed in the thesis work can be installed at the machine-building plants of the city of Almaty and installed near administrative buildings and housing complexes.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс бүгінгі күнде тұрақ алаңы бар проблемалардың бірі болып табылады. Осы мақалада паркинг жүйелерінің ең кең таралған түрлері, дизайндалары және жұмыс қағидалары қарастырылады.

Автоматтандырылған тұрақ жүйесі ұсынылған моделі механикалық тұрақ орындарын алдын-ала талдау негізінде модельдендірілген, бұл әдеттегі тұраққа қарағанда кеңістікті тиімді пайдалану еді.

Құрылымы мен платформасының стресс-штамм күйін талдау САМ / САЕ жүйесімен жүзеге асырылды. Жүк көтеру механизмінің негізгі компоненттері есептеледі: болат арқан, блок, болат арқанға арналған барабан, электр қозғалтқышы және редукторлар.

Дипломдық жұмыста әзірленген паркинг жүйесі Алматы қаласының машина жасау зауыттарында шығарылуы мүмкін, әкімшілік ғимараттар мен тұрғын үй кешендерінің жанында орналасады.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	
1	Общие тенденции развития автоматизированных парковочных систем	9
1.1	Классификация автоматизированных парковочных систем	9
1.2	Предварительный анализ и характеристика	15
2	Определение основных параметров механизма подъема груза	16
2.1	Подбор стального проволочного каната	17
2.2	Подбор блока и барабана для стального проволочного каната	18
2.3	Подбор электродвигателя и редуктора механизма	20
3	Исследование напряженно-деформированного состояния парковочной системы с помощью компьютерного моделирования	22
3.1	Исследование напряженно-деформированного состояния конструкции с помощью APM Structure 3D	22
3.2	Исследование напряженно-деформированного состояния платформы с помощью Solidworks	24
	Заключение	26
	Список использованной литературы	27
	Приложение	

ВВЕДЕНИЕ

С ростом числа транспортных средств и сокращением парковочных мест автомобили, припаркованные вдоль дороги и даже на тротуарах, стали довольно распространенным явлением. С этими припаркованными транспортными средствами, занимающие дорожное пространство и пешеходное пространство, заторы на дорогах и несчастные случаи неизбежны. Хорошо организованная система парковки, которая максимально использует доступное пространство, предлагает решение этой ситуации. Есть две категории парковочных систем, которые были определены. Это традиционные парковочные системы и многоэтажные парковочные системы. В традиционных системах парковки транспортные средства припаркованы перпендикулярно или параллельно, без защиты от атмосферных условий. Многоэтажные парковочные системы предпочтительней, так как они увеличивают вместимость парковки в данной области. Автоматизированная парковочная система является единственным решением для небольших земельных участков, ведь достаточно площади в 100 м². При этом эффективность использования увеличивается в 3 – 4 раза. Автоматический паркинг сводит к минимуму риск угона, а также краж из них. Так как процедура парковки происходит без участия человека снижается негативное воздействие на окружающую среду, двигатель автомобиля заглушен и устраняется риск повреждения при столкновении на парковке [1].

Данный проект направлен на компьютерное моделирование системы парковки, которая полностью автоматизирована и требует меньше места в сравнении с автостоянкой и является экономически эффективной, так как 14 автомобилей можно парковать только на месте 4 автомобилей.

1 Общие тенденции развития автоматизированных парковочных систем

1.1 Классификация автоматизированных парковочных систем

Автоматизированная парковочная система – это автостоянка, где операции по поставке автомобиля на парковочное место, и по выдаче автомобиля из парковочного места, осуществляются с помощью специализированного автоматического оборудования, без участия водителя, что значительно снижает коммунальные расходы, и повышает эффективность полезного использования пространства в сравнении с обычной автостоянкой. При этом автоматизированные парковочные системы не следует путать с системой автоматизации обычной автостоянки (Parking Management System), целью которой является оповещение водителя о наличии свободных мест, а также в автоматизации операций платежей и учета времени пользования автостоянкой.

Автоматизированные парковочные системы впервые появились во Франции, в гараже Рю– деПонтье (Rue de Ponthieu) в 1905 году, это было трехэтажное здание, в котором автомобили для парковки поднимались при помощи лифта. По данным 2012 года, лидером по применению механизированных автостоянок считается Япония, где в роботизированных паркингах японские автолюбители содержат порядка 1.6 млн. автомобилей, а самый крупный в мире механизированный парковочный комплекс находится в Emirates Financial Towers в Дубаях, вместимость которого составляет 1191 машиномест, что стало достижением, занесенным в Книгу рекордов Гиннеса [2].

Автоматизированные парковочные системы бывают двух видов – автоматические и полуавтоматические. Автоматические системы подразумевают полностью автоматизированный цикл приема и передачи автомобиля на хранение в автостоянку. После парковки автомобиля у входа в автостоянку, и набора команды на управляющем дисплее, специальный робот поднимает двери автостоянки, забирая автомобиль внутрь, и транспортируя на платформе с помощью подъемника до парковочной ячейки. Наиболее совершенные автоматические системы, для осуществления наиболее оптимального парковочного места, предварительно сканируют автомобиль, а при выезде выдают автомобиль уже в развернутом виде (носовой частью к выходу). Полуавтоматические и автоматические системы, также имеют в своем распоряжении механизированные системы платформ и подъемников, которые доставляют автомобили до свободных парковочных мест. Однако для того, чтобы поставить автомобиль на платформу подъемника, требуется участие либо самого водителя, либо служащего парковки. Рассмотрим основные типы автоматизированных парковочных систем [2].

Парковочная система «Cilinder Parking» – это интеллектуальная автоматизированная парковочная система, предназначенная для многоуровневого постоянного либо временного хранения автомобилей, рисунок 1.

Автоматизированная парковочная система может размещаться в подземных, наземных, либо комбинированных гаражных комплексах, иметь от 1 – го

до 12 – ти уровней наземного размещения, до 9 уровней подземного размещения. В зависимости от требований по типу перемещения или условий, может быть с платформой (автомобили перемещаются на индивидуальных парковочных платформах) и без платформ (автомобили перемещаются при помощи робота – манипулятора).

Отличительной особенностью автоматизированной парковочной системы от других систем, является размещение в центральной части парковки лифта – манипулятора, по кругу от которого располагаются парковочные места. Конструкция лифта – манипулятора состоит из лифтового устройства и манипулятора перемещения. Лифтовое устройство вращается вокруг своей оси в центральной части гаражного помещения с одновременным перемещением манипулятора по вертикали. При работе автоматизированной парковочной системы одновременно происходит два этапа: первый этап – вращение лифта – манипулятора вокруг своей оси, второй этап – перемещение манипулятора вверх или вниз. В сочетании этих двух действий, происходит перемещение автомобиля из парковочного бокса к своему парковочному месту по вертикали одновременно вращая автомобиля вокруг своей оси [3].

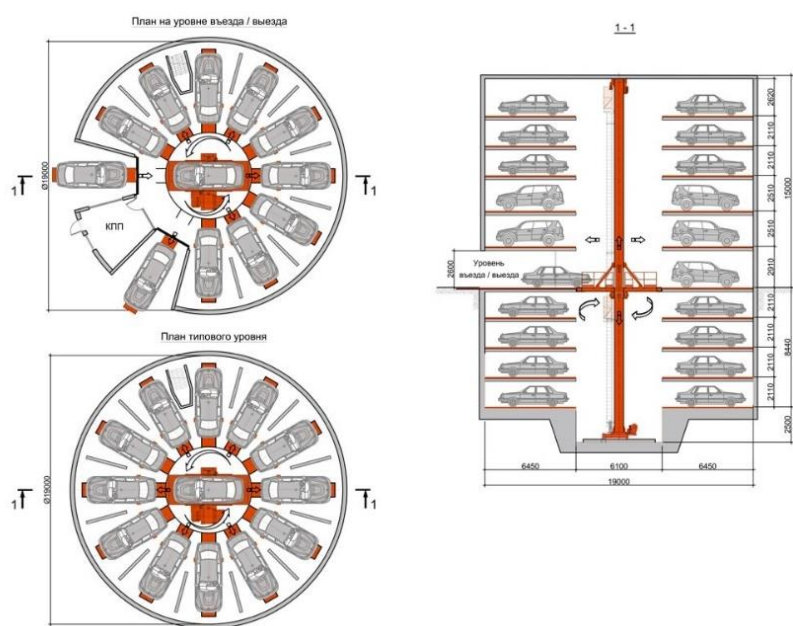


Рисунок 1 – Парковочная система «Cylinder Parking» [3]

Роторная парковка «Rotary Parking» – это парковочная система вертикального циркуляционного типа для паркования автомобилей высотой до 1600 мм. Роторные паркинги разрабатываются специально для парковки большого количества машин на ограниченной площади и оснащены безопасным механизмом, специально разработанным для них, рисунок 2.

Данная парковочная система позволяют размещать до 16 легковых автомобилей на площади 2 – х автомобилей. Данные парковки отличаются, эффективностью использования площади и пространства, низким шумовым уровнем,

низкими затратами электроэнергии, удобством парковки и вывода с парковочного места автомобиля, простотой установки и компактностью.

Роторная парковка представляет собой быстровозводимую металлическую конструкцию высотой от 7,5 до 16,5 метров (в зависимости от количества размещаемых автомобилей) с размерами в плане 5000 × 6500 мм. Платформа с автомобилями перемещаются в парковочной системе по типу «колеса обозрения», без привлечения владельцев других хранящихся транспортных средств.

Роторная парковка – наиболее экономичная система среди прочих парковочных решений предлагаемых в настоящее время. Простая система управления исключает необходимость присутствия специального обслуживающего персонала [3].

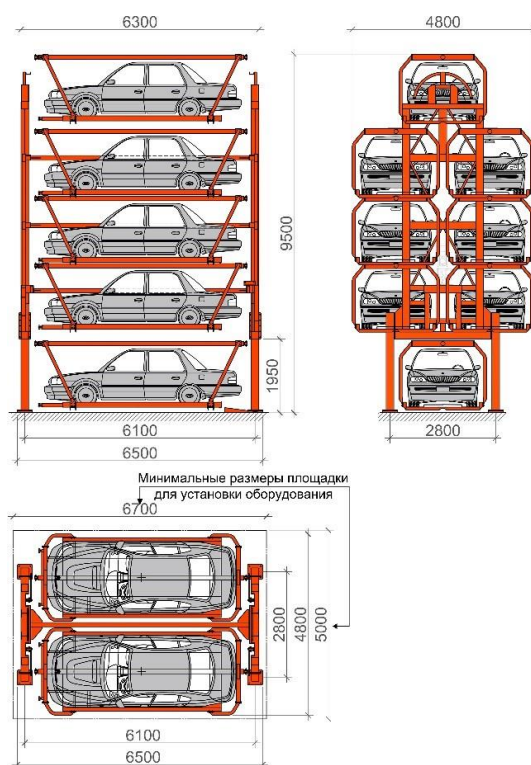


Рисунок 2 – Роторная парковка «Rotary Parking» [3]

Парковочная система «Box Parking» – это интеллектуальная парковочная система, предназначенная для многоуровневого постоянного либо временного хранения автомобилей, рисунок 3. Автоматизированная парковочная система может размещаться в подземных, наземных, либо комбинированных гаражных комплексах и иметь от 2 до 8 уровней наземного размещения и до 8 уровней подземного размещения. По типу перемещения и в зависимости от требований или условий, парковочная система может быть с платформой и без платформ (автомобили перемещаются на подставках под колёса).

Отличительной особенностью данной автоматизированной парковочной системы от других систем, является её очень компактное размещение. Парковочная система работает по ротационному принципу. По центру располагаются

места для хранения автомобилей, по краям размещается лифтовое устройство. Парковочные платформы с автомобилями перемещаются по горизонтали, и когда платформа с автомобилем выезжает на лифт, лифт поднимает на следующий этаж, либо опускает на этаж ниже, и далее вставляет в общий ряд. При этом с другого края парковочной системы происходит то же самое, но либо платформа с автомобилем опускается на уровень ниже, либо поднимается. Происходит ротация парковочных мест до тех пор, пока платформа с автомобилем не переместится на лифтовое устройство, поднимая её в парковочный бокс [3].

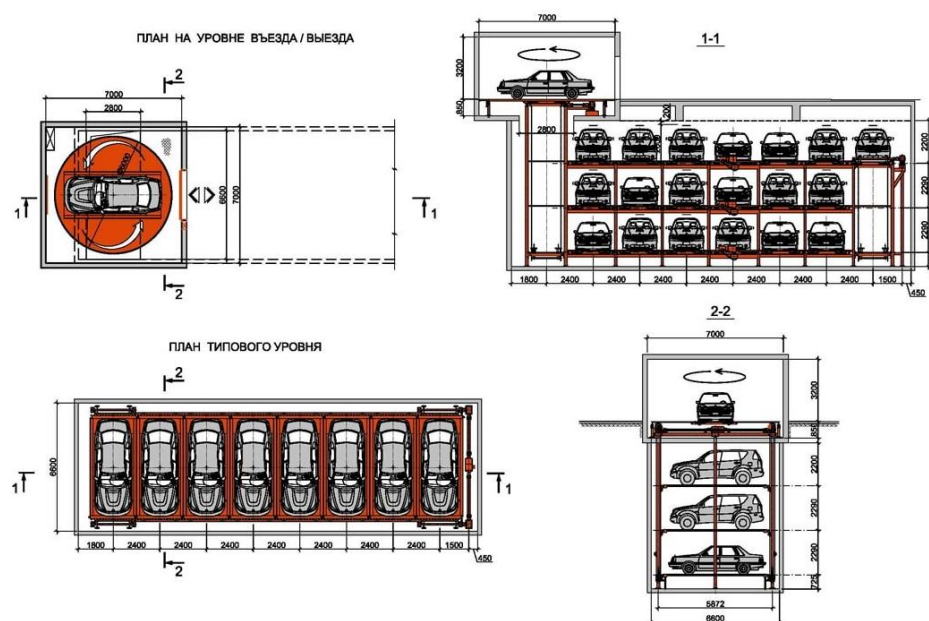


Рисунок 3 – Парковочная система «Box Parking» [3]

Парковочная система «Elle Parking» – это интеллектуальная автоматизированная система, размещается в подземных, наземных, либо комбинированных гаражных системах иметь от 1 – го до 25 – ти уровней наземного размещения и до 10 – ти уровней подземного размещения, рисунок 4.

Отличительной особенностью данной автоматизированной парковочной системы от других систем, является размещение лифтового устройства в центральной части в виде башни, хранение автомобилей осуществляется по бокам от лифтового устройства. Так же, при наличии разворотного круга в лифтовом устройстве, возможно хранение автомобилей по типу квадрат, то есть автомобили располагаются впереди и сзади от лифта.

В линейке автоматизированных паркингов, данная система является одной из самых скоростных парковочных систем, так как применяются скоростные лифтовые устройства и места хранения автомобилей располагаются рядом с лифтом. При оснащении лифтового устройства разворотным механизмом, который разворачивает автомобиль на 180° и позволяет получить автомобиль ка-

потом на выезд, происходит значительное сокращения времени и упрощения процедуры выезда из парковочной системы. Так же снижается влияние человеческого фактора на производительность парковочной системы учитывая количество операций в час [3].

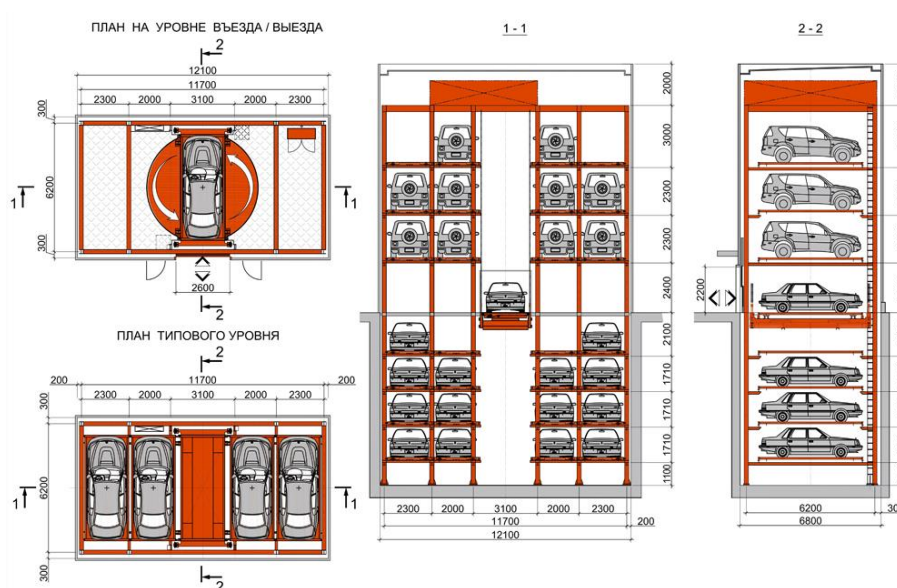


Рисунок 4 – Парковочная система «Elle Parking» [3]

Парковочная система «Translo Parking» – это интеллектуальная парковочная система, может размещаться в подземных, наземных, либо комбинированных гаражных комплексах и иметь от 1 – го до 9 – ти уровней размещения, рисунок 5.

Отличительной особенностью автоматизированной парковочной системы от других систем, является лифт – манипулятор, в конструкцию которого входит лифтовое устройство и манипулятор с горизонтальным перемещением. Перемещение лифтового устройства происходит по горизонтали в центральной части парковочной системы по рельсам с перемещением манипулятора по вертикальному направлению. При работе автоматизированной парковочной системы одновременно происходит в два этапа: первый этап – перемещение лифта – манипулятора по рельсам, второй этап – манипулятора перемещается на лифте вверх или вниз. В сочетании этих двух действий, автомобиль перемещается из парковочного бокса к своему парковочному месту по диагонали, то есть перемещение происходит короткому пути из точки А в точку Б [3].

1.2 Предварительный анализ и характеристика

В данном дипломном проекте рассматривается автоматизированная парковочная система. Общие габариты парковочной системы определяются типом машиноместа в системе. В данной работе рассматривается 7 этажей по два машиноместа на каждом этаже. Первый этаж не имеет машиномест и планировался использоваться только для загрузки и разворота автомобиля на 180 °.

Конструктивное решение автоматизированной парковочной системы зависит от многих факторов, одним из них является габариты машины. Размер платформы рассчитывался исходя из таблицы 1.

Таблица 1 – Габариты легковых автомобилей

Класс автомобиля	Модели представители	Габаритные размеры, мм			Минимальный габаритный радиус, мм
		длина	ширина	высота	
Легковые особо малого класса	Chevrolet Spark Nissan Micra Deawoo Matiz	3800	1400 1600	1450	5500
Легковые малого класса	Ford– Escort Volks– wagen	4400	1500 1700	1500	5500
Легковые среднего класса	Audi BMW Mer- cedes– Bens	4950	1800 1950	1500	6200

Проектируемое сооружение является каркасным. Каркас выполнен из металла, в сечении двутавр горячекатаный, с параллельными гранями полок высотой 160 мм, 16Б1 ГОСТ 26020 – 83. Места для автомобилей представляют собой платформы размерами в плане 2500 x 5700.

В качестве исходных данных задано грузоподъемность 2 т, номинальная высота подъема 17 м, скорость подъема 35 м/мин.

При выборе кинематической схемы, нужно стремиться к тому что бы она было компактной, простой, имела минимальное необходимое количество элементов, и в тоже время отвечала существующим требованиям. С помощью кинематической схемы мы можем проследить работу механизма в целом, определить способ передачи вращения от электродвигателя к рабочему органу, и частоты вращения рабочего органа.

При выборе возможна комбинация из различных вариантов, рисунок 7. Например, в варианте и возможна установка барабана так, как это сделано в варианте г или в и т. д. Наиболее простой является схема а. Недостаток этой схемы состоит в том, что на опорный подшипник выходного вала редуктора передается нагрузка от веса поднимаемого груза [4].

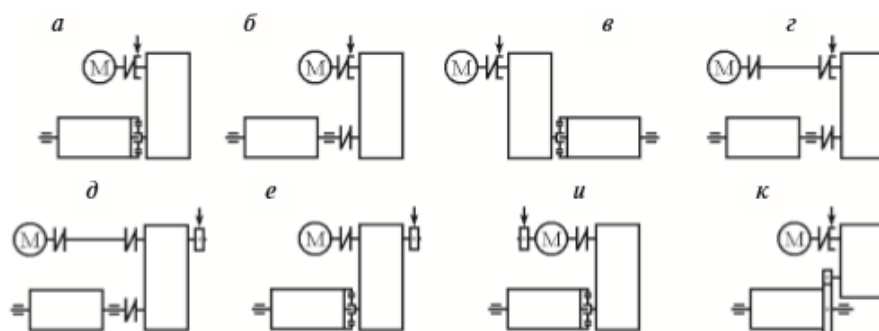


Рисунок 7 – Кинематическая схема подъема груза [4]

В настоящее время при выборе кинематической схемы механизма предпочтение отдается следующей:

- двигатель соединяется с редуктором зубчатой муфтой с промежуточным валом;
- в роли тормозного шкива выполняет одна из полумуфт; эффективней использовать полумуфту, которая устанавливается на конце быстроходного вала редуктора, выходящего в сторону двигателя;
- отсутствие открытых зубчатых передач;
- концы быстроходного и тихоходного валов редуктора выходятся в одну сторону;
- конец тихоходного вала редуктора имеет зубчатый венец и расточку под опорный подшипник оси барабана;
- для выравнивания длины канатов двух параллельно установленных полиспастов служит уравнильный балансир [4].

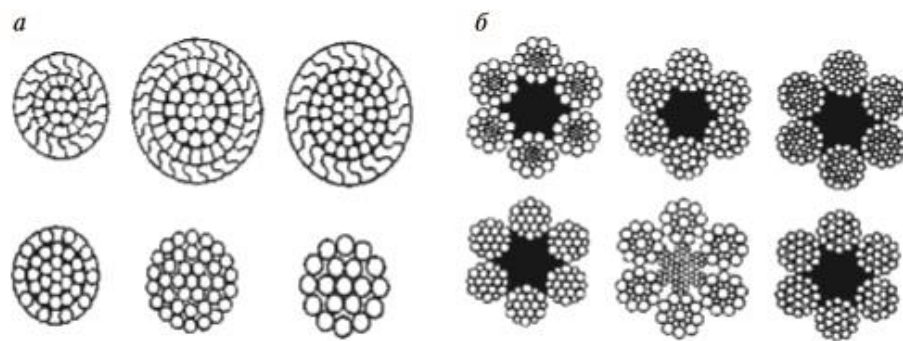
2 Определение основных параметров механизма подъема груза

2.1 Подбор стального проволочного каната

В грузоподъемных машинах в качестве тягового органа применяются стальные канаты. Стальные канаты должны обладать прочностью, гибкостью, долговечностью, не раскручиваться во время работы. При выборе каната, необходимо учитывать срок его службы, помимо прочности. Наиболее ответственной и быстро изнашиваемой деталью грузоподъемных машин, является – канат. Основные параметры канатов регламентированы ГОСТами.

Канаты изготавливаются из высокопрочной стальной проволоки диаметром 0,2–3 мм высшей (В), первой (I) и второй (II) марок с временным сопротивлением разрыву $\sigma_{вр} = 1400 \dots 2000$ МПа. Увеличение прочности проволоки приводит к повышению прочности каната, уменьшение — к увеличению его диаметра [1].

По количеству переходов канаты бывают одинарной, двойной и тройной свивки, рисунок 8.



а – одинарный , б – двойной

Рисунок 8 – Варианты свивки канатов [4]

В общем случае для выбора каната необходимо определить расчетное разрывное усилие на одну ветвь каната $S_{1р}$ [5]:

$$S_{1р} = k_3 S_1, \quad (1)$$

$$S_{1р} = 9 \cdot 5612 = 50150 \text{ Н},$$

где k_3 – коэффициент запаса прочности каната;

S_1 – наибольшее рабочее усилие натяжения одной ветви каната.

Максимальное усилие на одну несущую ветвь каната определяется по формуле [5]:

$$S_1 = \frac{(Q+G)10}{Z_k \eta_n}, \quad (2)$$

$$S_1 = \frac{(2000+2000)10}{4 \cdot 0,98} = 5612 \text{ Н},$$

где Q – заданная масса грузоподъемности в кг;

G – масса платформы в кг;

Z_k – принятое по таблице число несущих ветвей;

η_n – к.п.д сдвоенного полиспаста с учетом жесткости каната, выбираемый по таблице [5].

По разрывному усилию, пользуясь таблицей выбираю канат нужной конструкции, при этом расчетное разрывное усилие не превышает разрывного усилия каната.

По таблицам выбираю канат типа ЛК– 3 6×25+1ос с разрывным усилием 50900 Н при пределе прочности $\sigma_{пч} = 130 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$, диаметр каната $d_k = 11 \text{ мм}$ [5].

2.2 Подбор блока и барабана для стального проволочного каната

В подъемных механизмах, имеющих в качестве гибких тяговых органов стальные канаты, применяются блоки с гладкими ручьями, они применяются для изменения направления движения стальных канатов. Отливают блоки из серого чугуна, а для больших нагрузок и длительной работы - из стали. Опора блоков выполняется на подшипниках скольжения или подшипниках качения, чтобы блок мог легко вращаться на оси при передвижении каната [5].

Блоки должны иметь устройство, исключающее выход каната из ручья блока; зазор между указанным устройством и ребордой блока должен составлять не более 20 % от диаметра каната. Верхние блоки рекомендуется устанавливать на настиле тележки для лучшей доступности при осмотре и ремонте, рисунок 9 [4].

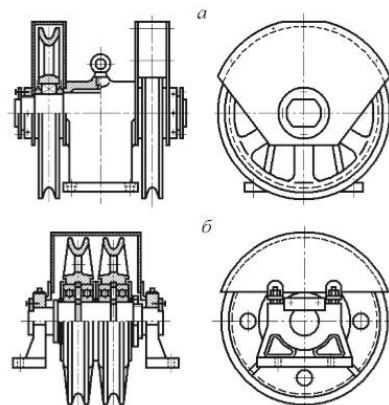


Рисунок 9 – Верхние блоки полиспаста [5]

Для определения размеров блока верхней обоймы полиспаста механизма подъема с $Q = 2 \text{ т}$, $G = 200 \text{ кг}$, $Z_k = 4$, $S_1 = 5612 \text{ Н}$, $d_k = 11 \text{ мм}$, $e = 25$,

где e – коэффициент, зависящий от режима работы механизма и назначения каната [5].

Определяем нагрузку на блок [5]:

$$S_{\text{бл}} = 2S_1, \quad (3)$$

$$S_{\text{бл}} = 2 \cdot 5612 = 11224 \text{ Н.}$$

Определяем диаметр блока [5]:

$$D_{\text{бл}} \geq (e - 1) d_k, \quad (4)$$

$$D_{\text{бл}} = (25 - 1)11 = 275 \text{ мм.}$$

По таблице принимаем $D_{\text{бл}} = 325 \text{ мм}$, $d_0 = 65 \text{ мм}$, $l_c = 60 \text{ мм}$ [5].

Производим проверку удельного давления втулки и оси блоков [5]:

$$q = \frac{S_{\text{бл}}}{d_{\text{бл}} l_c}, \quad (5)$$

$$q = \frac{11224}{0,065 \cdot 0,06} = 28,7 \cdot 10^5 < [q] = 130 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2.$$

Материалом блоков диаметром до 350 мм служит сталь марки Ст3 [5].

Определяем размеры канатного барабана.

Барабаны преобразуют вращательное движение привода механизма в поступательное движение подъема, опускания или подтягивания груза.

Диаметр барабана: $D_6 = D_{\text{бл}} = 325 \text{ мм} = 0,325 \text{ м}$ [5].

Толщина стенки барабана [5]:

$$\delta = 0,02 D_6 + 6, \quad (6)$$

$$\delta = 0,02 \cdot 325 + 6 = 12,5 = 0,0125 \text{ м.}$$

Шаг нарезки барабана [5]:

$$t = d_k + 2 = 13 \text{ мм} = 0,013 \text{ мм.} \quad (7)$$

Длина барабана [5]:

$$l = \left(16 + \frac{2k_{\text{п}} H}{\pi D_6}\right) t + 2l_c, \quad (8)$$

$$l = \left(16 + \frac{2 \cdot 3 \cdot 1700}{3,14 \cdot 32,5}\right) 1,3 + 2 \cdot 6 = 161,5 \text{ см} = 1,61 \text{ м.}$$

Принимаем $l = 1600 \text{ мм} = 1,6 \text{ м}$.

Изгибающий момент [5]:

$$M_{\text{и}} = S_1 \frac{l}{2}, \quad (9)$$

$$M_{\text{и}} = 5612 \frac{1,6}{2} = 4490 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутящий момент [5]:

$$M_{\text{к}} = S_1 (D_{\text{б}} + d_{\text{к}}), \quad (10)$$

$$M_{\text{к}} = 5612 (0,325 + 0,0125) = 1894 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приведенный момент [5]:

$$M_{\text{к}} = \sqrt{M_{\text{и}}^2 + M_{\text{к}}^2} = 4873 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (11)$$

2.3 Подбор электродвигателя и редуктора механизма

В качестве механического привода грузоподъемных устройств наиболее широко применяются электрические двигатели переменного тока, обладающие по сравнению с приводами других типов преимуществами.

Потребная мощность двигателя рассчитывается [5]:

$$N_{\text{дв}} = \frac{10(Q+G)v_{\text{г}}}{\eta}, \quad (12)$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{10(2000+2000)0,25}{0,85} = 11764 \text{ Вт} = 11,7 \text{ кВт}.$$

По таблице выбираем электродвигатель МТК 22 – 6, у которого при ПВ=25% $N_{\text{дв}} = 11,7 \text{ кВт}$, $n_{\text{дв}} = 905 \text{ об/мин}$, кратность максимального момента $\psi_{\text{дв}} = 3$, масса 153 кг, маховый момент $5,5 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ [5].

Число оборотов барабана [5]:

$$n_{\text{б}} = \frac{60 \cdot v_{\text{г}} \cdot K_{\text{п}}}{\pi D_{\text{б}}}, \quad (13)$$

$$n_{\text{б}} = \frac{60 \cdot 0,25 \cdot 3}{3,14 \cdot 0,325} = 44 \text{ об/мин}.$$

Передаточное число механизма [5]:

$$i_n = \frac{n_{дв}}{n_6} = 20,5. \quad (14)$$

По таблице выбираю редуктор РМ– 650, с передаточным числом $i_n = 20,5$, числом оборотов ведущего вала, равным 6—об/мин при ПВ = 25%, подводимый к редуктору мощностью 6,4 кВт и массой редуктора 178 кг [5].

3 Исследование напряженно – деформированного состояния парковочной системы с помощью компьютерного моделирования

3.1 Исследование напряженно – деформированного состояния конструкции с помощью APM Structure 3D

Для расчета основных элементов автоматизированной парковочной системы использовался конечно элементный комплекс APM Structure 3D.

На основе конечно – элементной модели вес конструкции всегда оказывается несколько меньше, поскольку невозможно учесть все геометрические особенности реальной конструкции – вес сварных швов, болтовых соединений и т.д. Так как влияние весовой нагрузки оказывает существенное влияние на прочность конструкции, в расчет вводились поправочные коэффициенты к плотности металла, учитывающие увеличение веса отдельных элементов конструкции до значений, соответствующих документации на изделие. Был введен коэффициент неопределенности на вес $k=1$.

Материалом несущей конструкции парковочной системы, в расчете принята Сталь 3 ISO 1052, в сечении двутавр горячекатаный, с параллельными гранями полок высотой 160 мм, 16Б1 ГОСТ 26020 – 83.

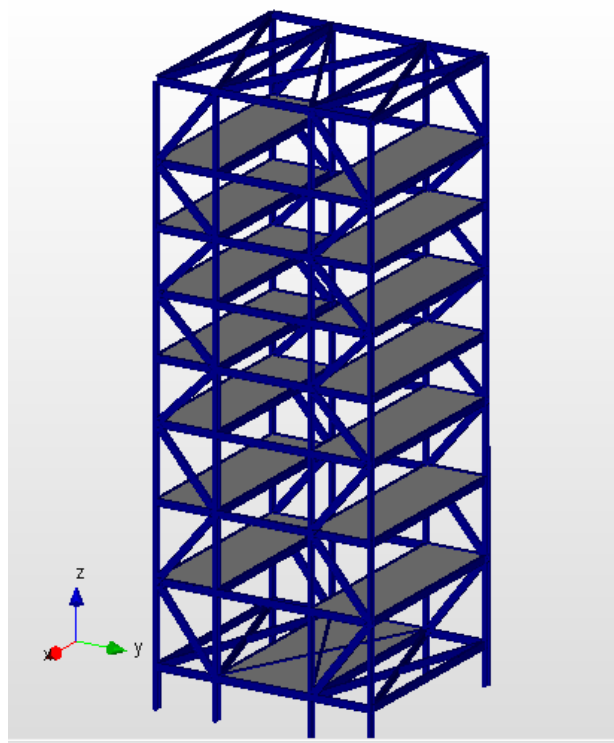


Рисунок 10 – Расчетная модель парковочной системы

Для ограничения перемещения парковочной системы задаю опоры у основания, ограничивая все перемещения.

Прикладываю распределенную нагрузку на все платформы равные 20000 Н. На рисунках 11 – 12 показаны карты полученных результатов.

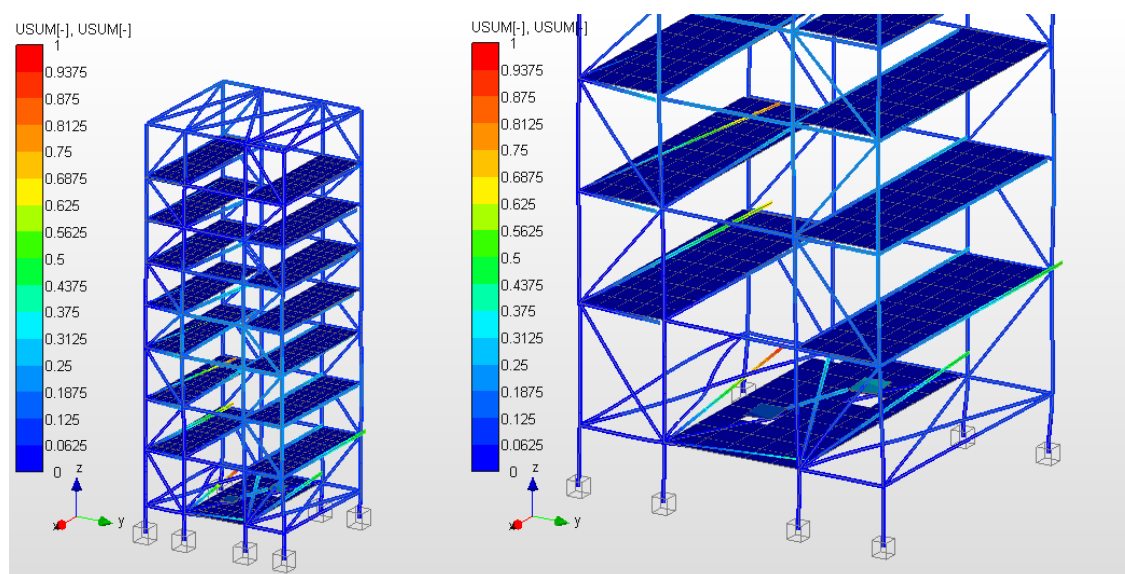


Рисунок 11 – Форма потери устойчивости

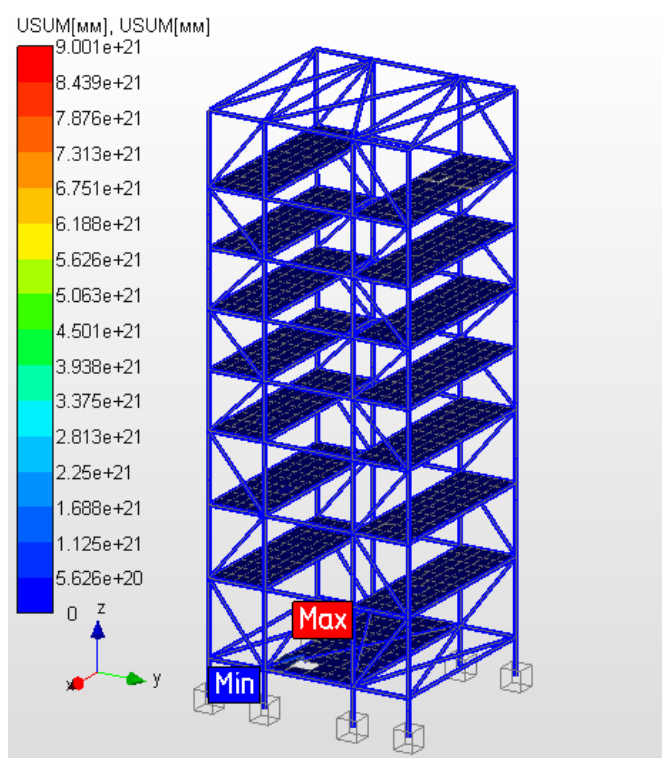


Рисунок 12 – Карта эквивалентных напряжений

При анализе полученных результатов были выявлены наиболее проблемные места. Дополнительное усиление конструкции за счет боковых профилей позволило снизить напряжения. Карта напряжений конструкции, полученные в результате выполнения деформационного расчета представлены на рисунке 12.

Согласно карты напряжений, максимальные значения испытывают боковые стойки. Однако, действующее напряжение не превышает допускаемое значение. Расчет на устойчивость показал, что запас устойчивости обеспечен.

3.2 Исследование напряженно – деформированного состояния платформы с помощью Solidworks

На первом этапе трехмерная модель разбивается направляющей на конечные элементы, рисунок 13. Все виды нагрузок, которые включают распределенные поверхностные нагрузки, объемные силы и моменты. Приводятся к сосредоточенным силам, которые действуют в узлах.

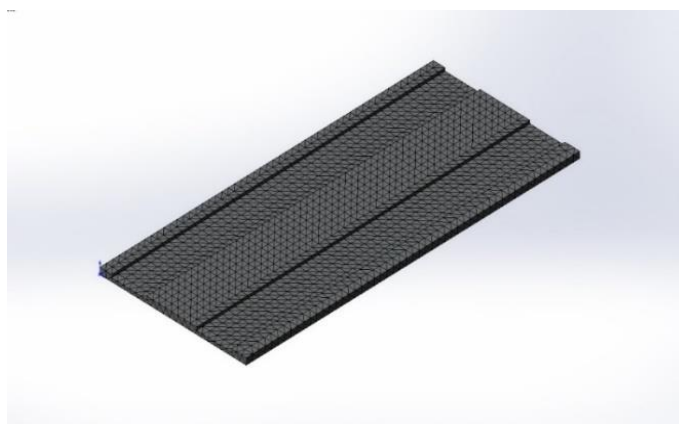


Рисунок 13 – Схема разбиения платформы на конечные элементы

В следующем этапе приложила нагрузки и ограничения на расчетную платформу, рисунок 14. Исследуемая платформа имела следующие граничные условия и приложенные силы: фиксация по боковым поверхностям, имитация жесткого закрепления, а сверху платформы прикладывалась распределенная нагрузка по поверхности парковочного пространства, величина которой равна 20 кН.

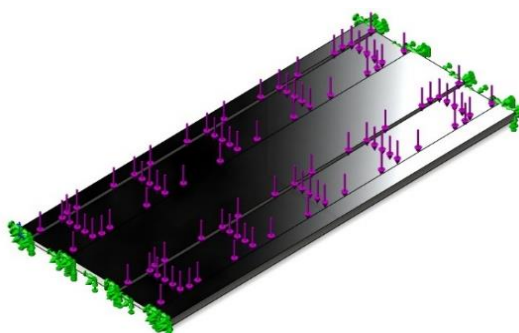


Рисунок 14 – Схема закрепления и приложения нагрузок

В результате были получены значения эквивалентных напряжений модели, в котором уровень напряжения отображается цветовым диапазоном где синий цвет является минимальным значением, а красный – максимальным.

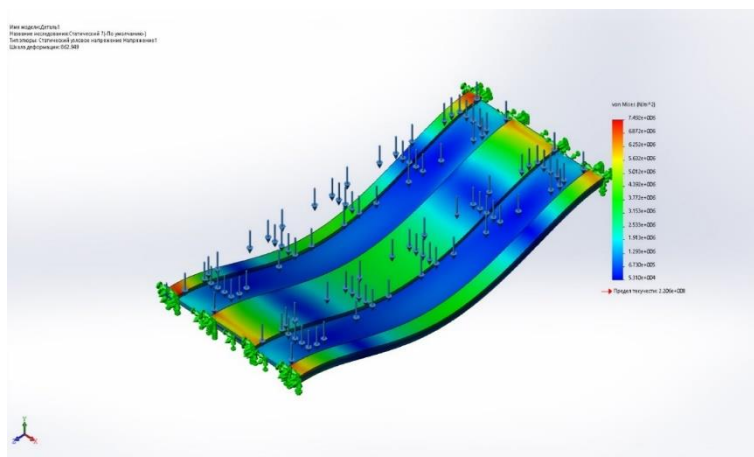


Рисунок 15 – Карта эквивалентных напряжений платформы

Анализируя карту эквивалентных напряжений модели, направляющей следует, что критические напряжения, которые могут привести к разрушению, находятся в области крепления по боковым поверхностям платформы.

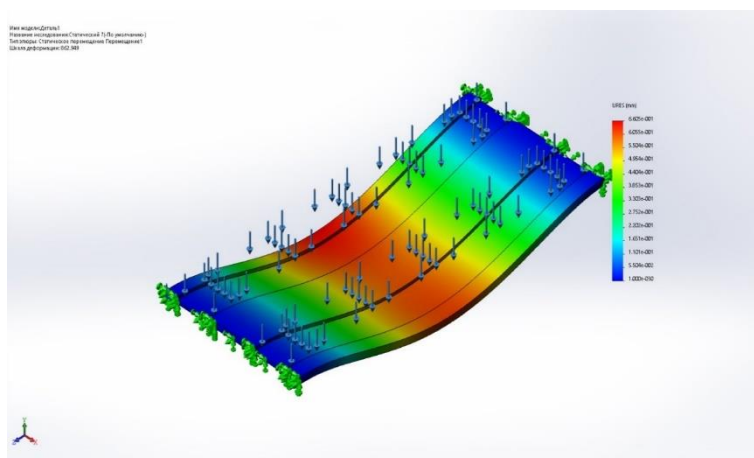


Рисунок 16 – Карта эквивалентных перемещений платформы

По результатам видно, на рисунках 15 – 16, максимальное значение перемещения 6 мм, максимальное значение напряжения 7.5 Н/м^2 .

На основе расчета были сделаны следующие выводы:

- конструкция платформы выдерживает приложенные к нему статические нагрузки;
- выбранная конструкция удовлетворяют условиям прочности, предъявляемые к металлоконструкции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В теоретической части данной дипломной работы были рассмотрены общие тенденции развития автоматизированных парковочных систем и представлена их классификация. Рассмотрены принципы работы существующих систем, проанализировав которые было принято решение проектирование наиболее эффективной парковочной системы.

В расчетной части произведен расчет и подбор основных элементов грузоподъемного механизма.

Исследовано напряженно – деформированное состояние конструкции парковочной системы, а также самой платформы с помощью САМ/САЕ систем.

Было выявлено, что, максимальные значения испытывают боковые стойки. Однако, действующее напряжение не превышает допустимое значение. Расчет на устойчивость показал, что запас устойчивости обеспечен.

В результате исследований выявлено, что, максимальное значение перемещения платформы парковочной системы равно 6 мм, максимальное значение напряжения 7,5 Н/м².

На основании исследования был сделан вывод: металлоконструкция и платформа выдерживает приложенные статические нагрузки, удовлетворяют условиям прочности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Рябкова Е.Б. Проектирование многоэтажных гаражей и стоянок. – Хабаровск: Издательство ТОГУ, 2014
- 2 Ковалев А.О., Луков А.В., Проектирование многоэтажных автостоянок. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2003
- 3 www.cipark.ru
- 4 Александров М. П. Подъемно – транспортные машины. – М.: Высшая школа, 1985
- 5 Моргачев В.Л. Подъемно-транспортные машины. – М.: Машиностроение, 1974
- 6 Андересен Б. Гаражи. Проектирование и строительство. Под редакцией проф. Отто Силла – М.: Стройиздат, 1986
- 7 Кудишина Ю.И.– Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учеб.завед. 10-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.
- 8 Замрий А.А. Проектирование и расчет методом конечным элементов в среде APM Structure. – М.: Издательство АПМ, 2010