

Разработка и оценка конструкции механизированной парковочной системы

А.С. Гаваев, А.И. Стариков

Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Аннотация: В статье рассматриваются разработка и оценка конструкции механизированной парковочной системы роторного типа, применение которой позволит решить проблему дефицита парковочных мест в крупных городах. В работе представлены результаты исследований, проведен патентный анализ, определен состав механизированной парковочной системы и разработана конструкция роторного типа, выполнен инженерный анализ конструкции с использованием системы программного обеспечения «Autodesk Inventor». Расчет показал, что конструкция соответствует предъявляемым требованиям по прочностным характеристикам.

Ключевые слова: механизированная парковочная система, моделирование, парковочное пространство, прочность, статическое исследование.

Мероприятия по развитию функционирования транспортных структур крупных городов повышают комфорт передвижения жителей на личном транспорте. Выполняется строительство и реконструкция сети дорог, внедряется система «умный город», но вопрос с количеством свободных парковочных мест стоит также остро [1]. Применение механизированных парковочных систем позволит решить данную проблему за счет увеличения числа машиномест в несколько раз на относительно небольшой площади.

Целью исследований является разработка механизированной парковочной системы и оценка её эксплуатационных характеристик.

В ходе патентного анализа выявлено значительное количество изобретений и полезных моделей как на механизированные парковочные системы, так и на их отдельно взятые элементы. Патентный поиск проводился по двум критериям: принцип работы и конструкция механизированных парковочных систем.

Объектом патента номер RU 40360 U1 (E04H 6/00, 2004) является многоэтажная парковочная конструкция [2]. На парковочных площадках,

расположенных друг над другом в двух группах на этажах многоярусного сооружения, хранится автомобиль.

Недостатками конструкции являются: большие габариты сооружения, которые в городских условиях создают сложности ее размещения; перемещается только один автомобиль, при технических неполадках может заблокироваться вся система; наличие одного подъемника ограничивает время выдачи автомобиля.

Механическая барабанная автостоянка из патента RU 2214490 С1, 06.02.2002 относится к сооружениям парковочных систем [3]. Недостаток данной установки заключается в том, что она занимает площадь трех парковочных мест при вместимости 6 автомобилей.

Роторное парковочное устройство с поворотным столом из патента CN101273177А, 24.09.2008 [4]. Плюсами данного типа парковочных систем являются удобное размещение нескольких транспортных средств, повышенная безопасность и экономия площади для установки конструкции.

Недостатками роторного устройства являются открытая наземная конструкция, медленная работа парковочной системы.

Таким образом, в ходе патентного анализа установлено, что более перспективным в плане развития городской инфраструктуры является применение роторной парковочной системы, так как при меньших габаритах позволяет разместить большее количество автомобилей [5].

К основным элементам механизированной роторной парковочной системы относятся: передняя и задняя боковины; направляющая для паллет; несколько паллет, на которых хранятся автомобили; приводной механизм; трап; блока управления.

В таблице 1 представлены данные о материале [6] и способе соединения составных компонентов сборочной единицы «Парковочная паллета».

Таблица № 1

Составные компоненты парковочной паллеты

Наименование компонента	Материал	Способ соединения
Поддон	Ст3 ГОСТ 19903-2015	Сварочное соединение: Сварочный электрод диаметром 3 мм по ГОСТу ГОСТ 9466-75 (СТ СЭВ 6568-89)
Траверса	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005	Сварочное соединение: Сварочный электрод диаметром 3 мм по ГОСТу ГОСТ 9466-75 (СТ СЭВ 6568-89)
Пластина	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005	Болтовое соединение: Болт М12×1,25-6g×30 ГОСТ 7796-70 Шайба 12Л 65Г ГОСТ 6402-70 Шайба А.12.37 ГОСТ 11371-78
Дуга	Сталь 10ХСНД ГОСТ 13663-86 Труба К 60×3,8 ГОСТ 32931-2015	Сварочное соединение: Сварочный электрод диаметром 3 мм по ГОСТу ГОСТ 9466-75 (СТ СЭВ 6568-89)
Стойка	Сталь 10ХСНД ГОСТ 13663-86 Труба ПП 120×80×5×1750 ГОСТ 32931-2015	Болтовое соединение: Болт М12×1,25-6g×30 ГОСТ 7796-70 Шайба 12Л 65Г ГОСТ 6402-70 Шайба А.12.37 ГОСТ 11371-78
Балка	Сталь 10ХСНД ГОСТ 13663-86 Труба К 102×5,5×5600 ГОСТ 32931-2015	Сварочное соединение: Сварочный электрод диаметром 3 мм по ГОСТу ГОСТ 9466-75 (СТ СЭВ 6568-89)
Стопор	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005 Труба ПП 100×50×3×505 ГОСТ 32931-2015	Сварочное соединение: Сварочный электрод диаметром 3 мм по ГОСТу ГОСТ 9466-75 (СТ СЭВ 6568-89)
Кронштейн для роликов	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005 Труба ПП 100×50×3×500 ГОСТ 32931-2015	Сварочное соединение: Сварочный электрод диаметром 3 мм по ГОСТу ГОСТ 9466-75 (СТ СЭВ 6568-89)

Конструкция парковки имеет четыре опорные балки – две для передней боковины, две для задней боковины. Отличие задней боковины от передней состоит в том, что к задней боковине дополнительно устанавливается направляющая для парковочных паллет, которая крепится на кронштейны. Это необходимо для уменьшения колебаний всей конструкции. В таблице 2 представлены данные о материале и способе соединения составных компонентов сборочных единиц «Передняя боковина» и «Задняя боковина».

Таблица № 2

Составные компоненты передней и задней боковин

Наименование компонента	Материал	Способ соединения
Опорная балка	Сталь 10ХСНД ГОСТ 13663-86 Труба ПК 200×6×5490 ГОСТ 32931-2015	Крепится к фундаменту с помощью анкерных болтов М24×600: Болт 1.1.М24х600 ГОСТ 24379.1-2012 Гайка М24-6Н ГОСТ 15521-70 Шайба А.24.37 ГОСТ 11371-78
Стойка	Сталь 10ХСНД ГОСТ 13663-86 Труба ПК 200×6×2890 ГОСТ 32931-2015	Сварочное соединение: Сварочный электрод диаметром 3 мм по ГОСТу ГОСТ 9466-75 (СТ СЭВ 6568-89)
Рама Рама нижняя	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005	Сварочное и болтовое соединение конструкции: Сварочный электрод диаметром 3 мм по ГОСТу ГОСТ 9466-75 (СТ СЭВ 6568-89) Болт М16×1,5-6g×60 ГОСТ 7796-70 Шайба А.16.37 ГОСТ 11371-78 Гайка М16х1,5-6Н.NF ГОСТ Р 50273-92
Элемент жесткости конструкции	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005	Болтовое соединение: Болт М12×1,25-6g×30 ГОСТ 7796-70 Шайба 12Л 65Г ГОСТ 6402-70 Шайба А.12.37 ГОСТ 11371-78
Кронштейн нижний Кронштейн верхний	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005	Винт А.М12х1,25-6gх40 ГОСТ 17475-80 Шайба 12Л 65Г ГОСТ 6402-70 Шайба А.12.37 ГОСТ 11371-78
Направляющая основная	Сталь Ст3 ГОСТ 380-2005	Болтовое соединение: Болт М10х1,25-6gх40-F ГОСТ Р 50274-92 Шайба А.10.37 ГОСТ 11371-78 Гайка М10х1,25-6Н.NF ГОСТ Р 50273-92

Выполнение анализа статических напряжений осуществлялось для узлов механизированной парковки, наиболее подверженных нагрузкам в процессе эксплуатации [7]. Для анализа и оценки конструктивных особенностей сборки «Парковочная паллета» параметров выбрана система трехмерного твердотельного проектирования «Autodesk Inventor» [8].

В качестве типа исследования выбран статический анализ. Для данного исследования применяются фиксирующие ограничения – выбирается зависимость фиксации и указывается балка для стабилизации модели. На поддон прикладываются внешние нагрузки – сила, равная 25 кН.

Результат статического исследования представлен на рисунке 1.

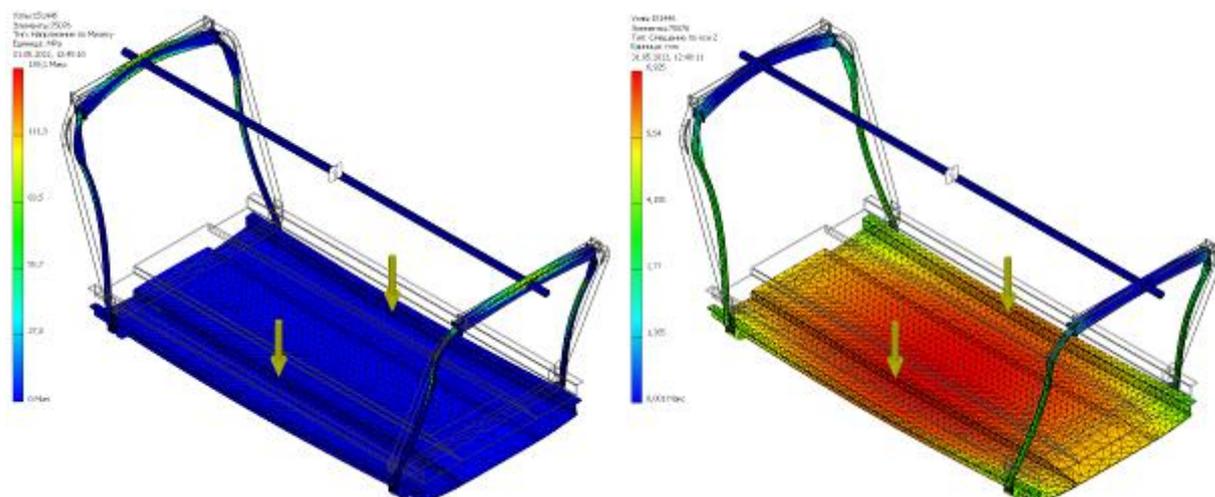


Рис. 1. – Утрированный результат статического исследования модели

Смещение показывает изменение положения элементов конструкции в пространстве. Смещение происходит при достижении предела текучести. Максимальное смещение составляет 6,93 мм, которое идет по оси Z.

Расчет показал, что необходимо дополнительное ребро жесткости в основании дна поддона. Чтобы избежать возможного прогиба в основании поддона при эксплуатации системы, необходимо установить дополнительную траверсу. Результат второго исследования с дополнительной траверсой в конструкции представлен на рисунке 2.

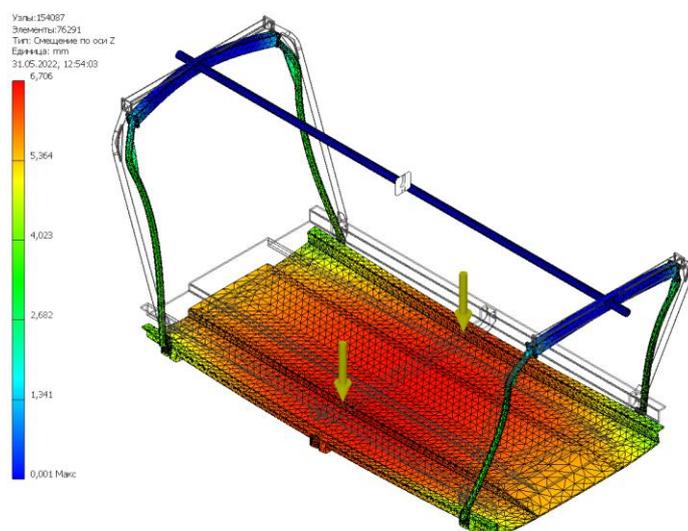


Рис. 2. – Результат статического исследования с дополнительной траверсой

Результат данного исследования показал, что смещение по оси Z составило 6,7 мм. Установка дополнительного ребра жесткости уменьшает смещение на 0,23 мм, что указывает на повышение прочности конструкции [9]. Для подтверждения выдвинутой гипотезы выполняется третье исследование, при этом в модели устанавливается поперечная балка на ребра жесткости. Результат третьего проведенного статического исследования представлен на рисунке 3.

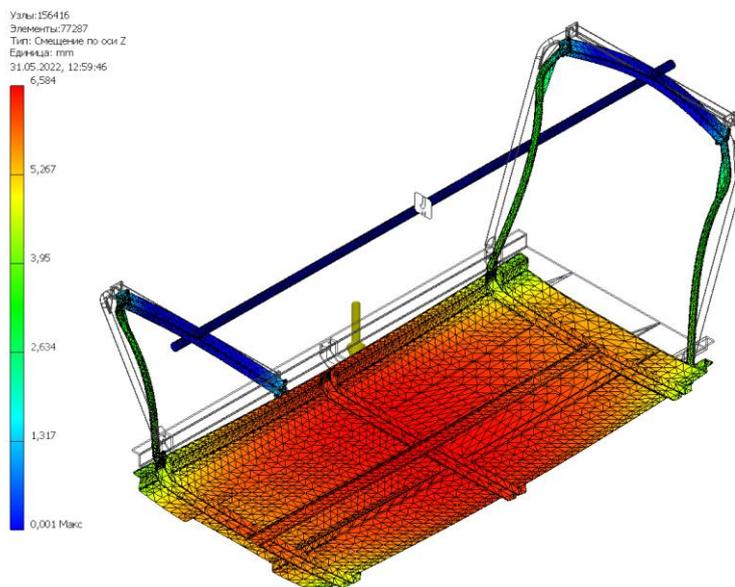


Рис. 3. – Утрированный результат статического исследования модели с поперечной балкой

По результатам третьего исследования установлено, что смещение уменьшилось с 6,93 мм до 6,58 мм.

Статический анализ на опорные балки, которые испытывают максимальные нагрузки в процессе эксплуатации, также был выполнен [10]. Результат проведенного исследования представлен на рисунке 4.

По результатам исследования стало известно, что при нагрузке на опорные балки, смещение составляет 0,21 мм. Значение близко к нулю, значит, конструкция считается прочной.

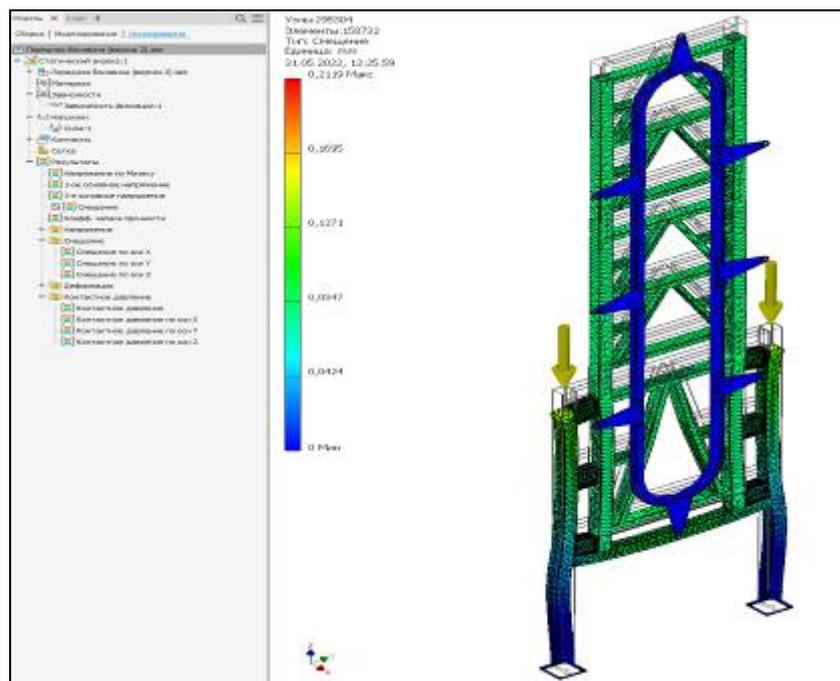


Рис. 4. – Утрированный результат статического исследования на опорные балки роторной парковки

Анализ конструкции на основе инженерных расчетов (статического исследования на напряжения) позволил выбрать наиболее оптимальный вариант модели сборочной единицы «Парковочная платформа» представленный на рисунке 5. Для сборки конструкции выбирается парковочная паллета с дополнительной траверсой и поперечной балкой [11].

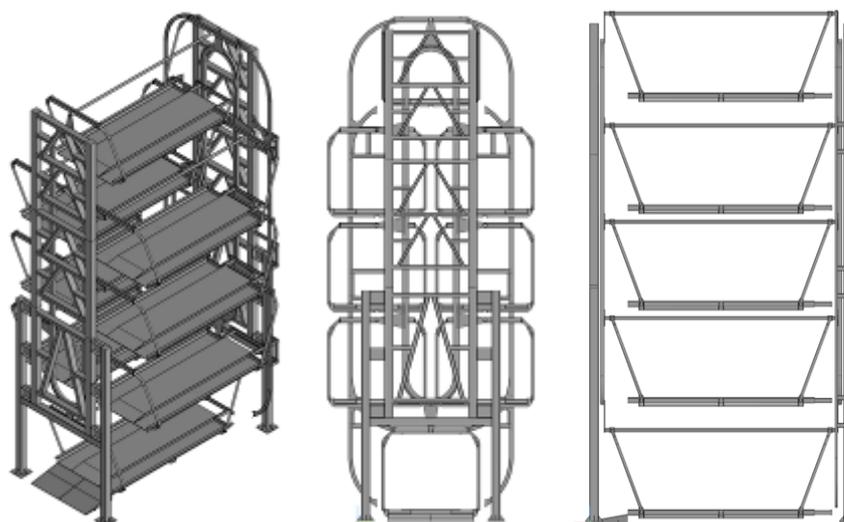


Рис. 5. – Усовершенствованная 3D-модель металлоконструкции парковочной системы роторного типа

На основе полученных результатов напряжений можно сделать вывод, что максимальное напряжение идет на детали «Стойка» и «Дуга». Максимально возникающее напряжение конструкции составляет 139,1 МПа. Допускаемое напряжение для стали Ст3 составляет 150 МПа, предел текучести составляет 230 МПа. Коэффициент запаса прочности при этом составляет 1,08, то есть, прочность в конструкции обеспечена.

Таким образом, на основе прототипов-аналогов разработана конструкция механизированной инновационной парковочной системы роторного типа. Конструкция проверена с помощью САПР-системы «Autodesk Inventor» на статические напряжения. Расчет показал, что конструкция соответствует требованиям по прочностным характеристикам.

В условиях плотной городской застройки механизированные парковочные комплексы позволяют уменьшить площадь, необходимую для парковочного пространства и увеличить число мест для стоянки автомобилей.

Литература

1. Черевко С.Н. Строительство парковок в стесненных городских условиях// Инженерный вестник Дона, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1934.
2. Абдурагимов И. М., Кийко М. Ю., Россинская Е. Р., Ужва Т.В. Многоэтажная автостоянка. Патент полезной модели № 40360 // Бюллетень, 2004, № 26. URL: yandex.ru/patents/doc/RU40360U1_20040910
3. Тогузаев К. Ю., Тогузаев В. Ю., Аросев В. Е., Аросев А. В. Механическая барабанная автостоянка. Патент на изобретение № 2214490 // Бюллетень, 2002, № 30. URL: yandex.ru/patents/doc/RU2214490C1_20031020
4. Li S. Rotary parking apparatus having turntable. Patents № CN101273177 // Changgong, 2006. URL: patents.google.com/patent/CN101273177A/en.



5. Channamallu S. S., Padavala V. K., Kermanshachi S., Rosenberger J. M., Pamidimukkala A. Examining parking occupancy prediction models: a comparative analysis. *Transportation Research Procedia*. 2023. vol. 73. pp. 281-288. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.11.919.

6. Арзамасов Б.Н., Соловьева Т.В., Герасимов С.А. Справочник по конструкционным материалам: Справочник. М.: Изд-во МГТУ, 2005. 640 с.

7. Шеина С.Г., Сергеев Ю.Д., Мясищев Р.Ю., Сергеева А.Ю., Мищенко А.В. Моделирование развития аварийности строительных конструкций // Инженерный вестник Дона, 2023, № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8738.

8. Концевич В. Г. Твердотельное моделирование машиностроительных изделий в Autodesk Inventor. Москва: ДМК Пресс, 2009. 672 с.

9. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. М.: Машиностроение, 1993. 639 с.

10. Гаваев А. С., Свистунова В. А., Чикишев Е. М., Ядрышников А.И., Эртман Ю.А. Моделирование эксплуатационных условий работы запорного устройства // Инженерный вестник Дона, 2022, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7418.

11. Bekker J., Viviers L. Using computer simulation to determine operations policies for a mechanised car park. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2008. vol. 16. № 6. P. 613-625. DOI: 10.1016/j.simpat.2008.03.002/

References

1. Cherevko S.N. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2013, 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1934.

2. Abduragimov I. M., Kijko M. Ju., Rossinskaja E. R., Uzhva T.V. Mnogojetazhnaja avtostojanka [Multi-storey parking lot]. Patent poleznoj modeli № 40360. *Vjulleten'*, 2004, № 26. URL: yandex.ru/patents/doc/RU40360U1_20040910



3. Toguzayev K. Ju., Toguzayev V. Ju., Arosev V. E., Arosev A. V. Mehanicheskaja barabannaja avtostojanka [Mechanical drum parking]. Patent na izobretenie № 2214490. Bjul'teten', 2002, № 30. URL: yandex.ru/patents/doc/RU2214490C1_20031020
4. Li S. Rotary parking apparatus having turntable. Patents № CN101273177. Changgong, 2006. URL: patents.google.com/patent/CN101273177A/en.
5. Channamallu S. S., Padavala V. K., Kermanshachi S., Rosenberger J. M., Pamidimukkala A. Transportation Research Procedia. 2023. vol. 73. P. 281-288. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.11.919.
6. Arzamasov B.N., Solov'eva T.V., Gerasimov S.A. et al. Spravochnik po konstrukcionnym materialam [Handbook of structural materials]. Moskva: Izd-vo MGTU im. Baumana, 2005. 640 p.
7. Sheina S.G., Sergeev Ju.D., Mjasishhev R.Ju., Sergeeva A.Ju., Mishhenko A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8738.
8. Koncevich V. G. Tverdotel'noe modelirovanie mashinostroitel'nyh izdelij v Autodesk Inventor [Solid-state modeling of machine-building products in Autodesk Inventor]. Moskva: DMK Press, 2009. 672 p.
9. Birger I.A., Shorr B.F., Iosilevich G.B. Raschet na prochnost' detalei mashin [Calculation of the strength of machine parts]. Moskva: Mashinostroenie, 1993. 639 p.
10. Gavaev A. S., Svistunova V. A., Chikishev E. M., Jadryshnikov A.I., Ertman J.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7418.
11. Bekker J., Viviers L. Simulation Modelling Practice and Theory. 2008. vol. 16. № 6. pp. 613-625. DOI: 10.1016/j.simpat.2008.03.002/

Дата поступления: 2.09.2024 Дата публикации: 15.10.2024
