

Машины и Установки проектирование, разработка и эксплуатация

Сетевое издание
МОО "Стратегия объединения"
<http://maplants-journal.ru>

Ссылка на статью:

//Машины и установки: проектирование,
разработка и эксплуатация.
Электрон. журн. 2025. № 1. С. 43 – 54.

DOI:

Представлена в редакцию: 10.04.2025

Принята к публикации: 27.04.2025

© МОО «Стратегия объединения»

УДК 621.86

Обзор и анализ конструкций гравитационных стеллажей для паллет

Алексеев В.И.,*
Носко А.Л.,
Сафронов Е.В.

*Vada_smol@mail.ru

МГТУ им. Н.Э Баумана (Москва, Россия)

В статье представлен обзор и проведён анализ конструкций отечественных и зарубежных производителей гравитационных стеллажей для паллет. Приведены основные критерии сравнения и рассмотрены преимущества компактных систем хранения. Описана конструкция и принцип работы гравитационных стеллажей для паллет. Проведён сравнительный анализ гравитационных стеллажей для паллет с шатловыми и фронтальными стеллажами для паллет. Выявлены основные преимущества гравитационных стеллажей для паллет, которые по сравнению с другими компактными системами хранения обеспечивают высокую производительность, плотность хранения и являются более рентабельными по сравнению с шатловыми стеллажами при глубине канала менее 15 паллет. Определены основные конструктивные параметры металлоконструкции гравитационных стеллажей для паллет. Полученные результаты предполагается использовать в методике расчёта металлоконструкции гравитационных стеллажей для паллет.

Ключевые слова: гравитационный стеллаж для паллет, металлоконструкция, конструкция стеллажей, компактные системы хранения, стеллажное оборудование.

Введение

При выборе стеллажей для хранения и транспортировки грузов на поддонах рассматривают два основных подхода. В первом случае приоритет отдаётся доступности каждой паллеты (системы хранения с фронтальными стеллажами), а во втором – эффективному использованию пространства склада (компактные системы хранения) [1-3]. В условиях постоянно растущей конкуренции, высоких расходов на содержание и обслуживание складской площади в последнее время наиболее востребован второй подход с использованием компактных систем хранения.

Гравитационные стеллажи для паллет

Одной из наиболее эффективных компактных систем хранения грузов являются гравитационные стеллажи для паллет [4, 5] (рис. 1), в которых для хранения и транспортировки используется гравитационный роликовый конвейер (ГРК), размещенный на металлоконструкции стеллажа. Широкое распространение гравитационные стеллажи для паллет получили в холодильных складах, поскольку позволяют существенно уменьшить издержки на содержание и обслуживание холодильного склада.



Рис.1. Гравитационные стеллажи для паллет

В работе [2] определены основные критерии компактных систем хранения грузов, к которым относятся:

- количество SKU (stock keeping unit – уникальная товарная позиция, принимаемая к хранению) на систему хранения;
- глубина канала системы хранения;
- скорость оборачиваемости товаров по группе товаров (ABC – анализ [6]);
- способ загрузки/выгрузки паллеты (FIFO, LIFO);
- производительность отгрузки товара (паллет в час);
- безопасность при взаимодействии с системой хранения;
- рентабельность и окупаемость инвестиций.

По сравнению с другими системами компактного хранения грузов (набивными и шаттловыми стеллажами, передвижными стеллажами, push-back стеллажами) [2-4], гравитационные стеллажи для паллет обладают: большим количеством SKU на систему хранения (каждый канал вмещает один SKU); большой глубиной канала (до 28 паллет); большей скоростью оборачиваемости товаров (группа товаров А типа [6]); существенным увеличением производительности труда на складе; высокой безопасностью (требуется минимальное и простое взаимодействие стеллажа с техникой и персоналом); среднесрочной окупаемостью инвестиций (первоначальные инвестиции высоки, при этом минимальны эксплуатационные затраты).

Кроме этого, гравитационные стеллажи для паллет позволяют производить загрузку/выгрузку двумя способами (рис. 2):

FIFO (First-In / First-Out) – способ загрузки/выгрузки при котором паллета поступившая в зону разгрузки стеллажа первой, будет первой извлечена со стороны выгрузки (рис. 2, а). Канал стеллажа при данном способе вмещает до 28 паллет;

LIFO (Last-In / First-Out) – способ загрузки/выгрузки при котором паллета, загруженная в стеллаж последней, будет первой извлечена на выгрузку (при этом зоны разгрузки и выгрузки не разделяются, рис. 2, б). Канал стеллажа при данном способе вмещает до 6 паллет.

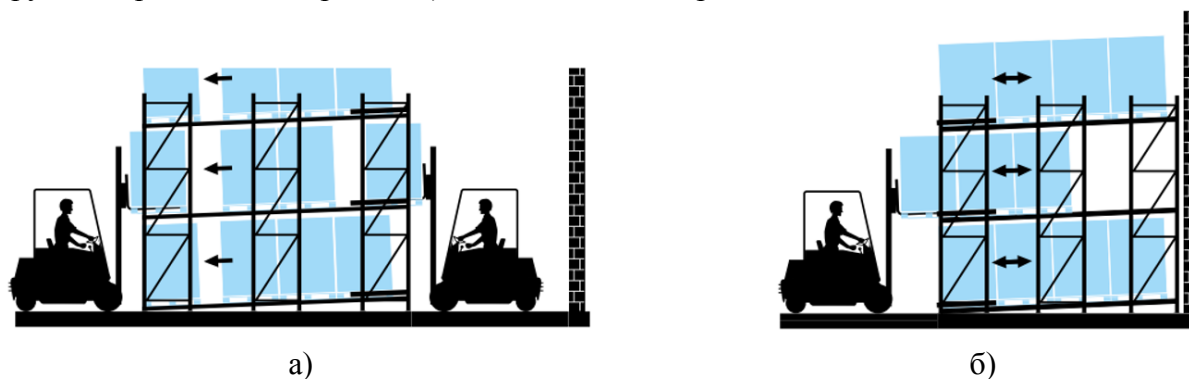


Рис. 2. Гравитационные стеллажи по способу загрузки/выгрузки:
а - LIFO; б – FIFO

На рынке РФ гравитационные стеллажи для паллет являются продукцией предприятий [7-9], однако изготовителями ГРК для этих стеллажей являются зарубежные производители [10-14].

Устройство гравитационного стеллажа для паллет, на основе анализа их конструкций [7-14], представлено на рис. 3.

Загрузочная зона (рис. 3) предназначена для загрузки паллеты при помощи погрузчика в канал гравитационного стеллажа, который имеет ГРК и направляющие для центрирования паллеты на конвейере. Уклон ГРК составляет 3...4%.

Центральная зона (рис. 3) гравитационного стеллажа для паллет является основной для хранения и транспортировки паллет, оснащена тормозными роликами, позволяющими обеспечить движением паллет с безопасной скоростью [15].

В разгрузочной зоне (рис. 3) происходит выгрузка паллет из канала стеллажа при помощи погрузчика. Оборудована устройством остановки и разделения паллет, обеспечивающим возможность снятия первой паллеты со стороны разгрузки без давления на нее паллет, следующих за ней.

Металлоконструкция гравитационного стеллажа для паллет представлена элементами 1, 2, 6, 8, 19, 22, 23 (рис. 3).

При рассмотрении гравитационных стеллажей для паллет, как компактных систем хранения, часто приводят сравнительную характеристику с шаттловыми стеллажами [16].

Основным показателем для сравнения с шаттловыми системами является производительность, на которую влияют различные факторы (такие как глубина канала, количество уровней хранения, количество шаттлов и др).

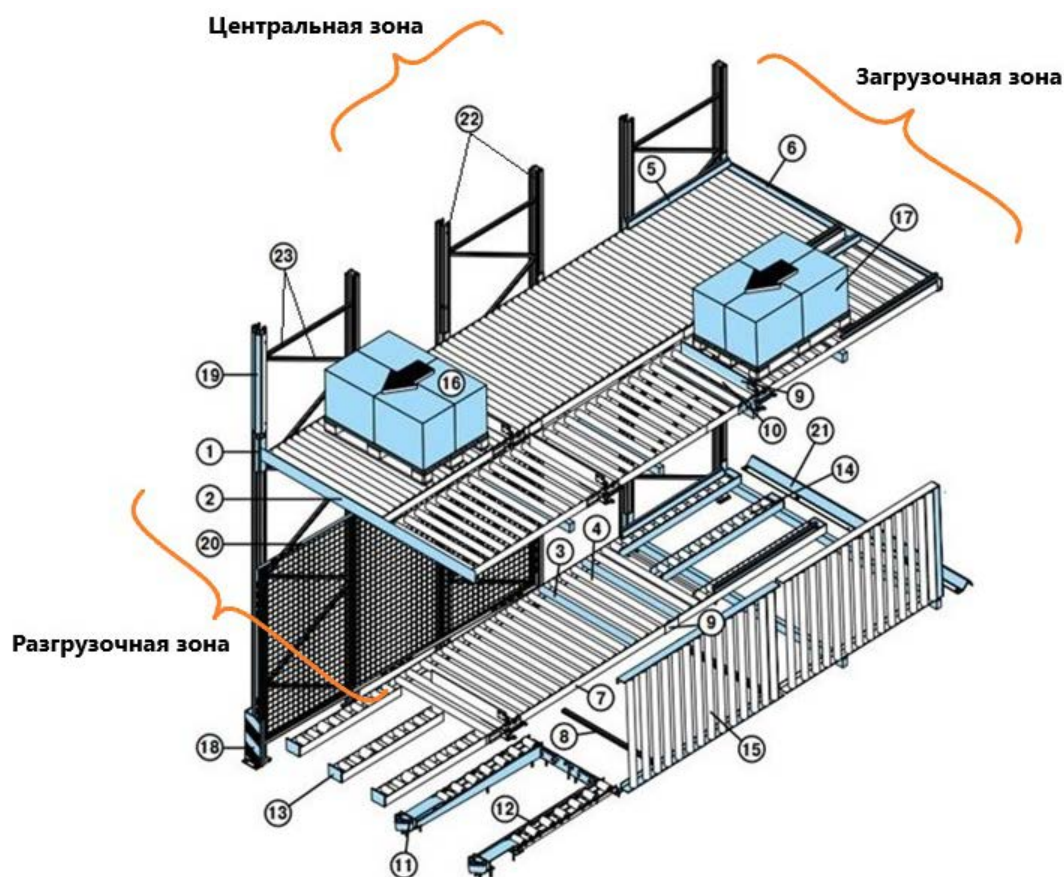


Рис. 3. Гравитационный стеллаж для паллет:

1 – кронштейн крепления балки; 2 – концевая балка со стороны разгрузки; 3 – тормозной ролик; 4 – несущий ролик; 5 – направляющие подачи паллеты; 6 – концевая балка со стороны загрузки; 7 – гравитационный роликовый конвейер; 8 – опорная балка; 9, 10 – устройство остановки и разделения паллет; 11, 12 – сегмент для разгрузки ручной гидравлической тележкой; 13, 14 – сегмент для загрузки/разгрузки паллет техникой с ненаклоняемыми вилами; 15 – откидной роликовый конвейер; 16 – поперечное перемещение паллеты; 17 – продольное перемещение паллеты; 18 – защита стоек стеллажа; 19 – стойка стеллажа; 20 – боковая защита стеллажа; 21 – отбойник; 22 – рама стеллажа; 23 – раскосная система рамы стеллажа

Гравитационные стеллажи для паллет показывают максимальную производительность в сравнении с шаттловыми стеллажами, поскольку позволяют непрерывно транспортировать паллеты по ГРК. Производительность гравитационного стеллажа для паллет зависит лишь от количества погрузчиков, используемых для загрузки/выгрузки.

При использовании шаттловых стеллажей, помимо количества погрузчиков, необходимо учитывать время ожидания перемещения шаттла и количество шаттлов. При проведении исследования производительности стеллажей от глубины канала [16] было установлено, что производительность шаттловых стеллажей падает при малой (8 – 15 паллет) и большой (23 – 33 паллеты) глубине канала ввиду необходимости перемещения шаттла. У гравитационных стеллажей для паллет производительность постоянна вне зависимости от глубины канала и на 9 – 15% выше, чем у шаттловых стеллажей (рис. 4).

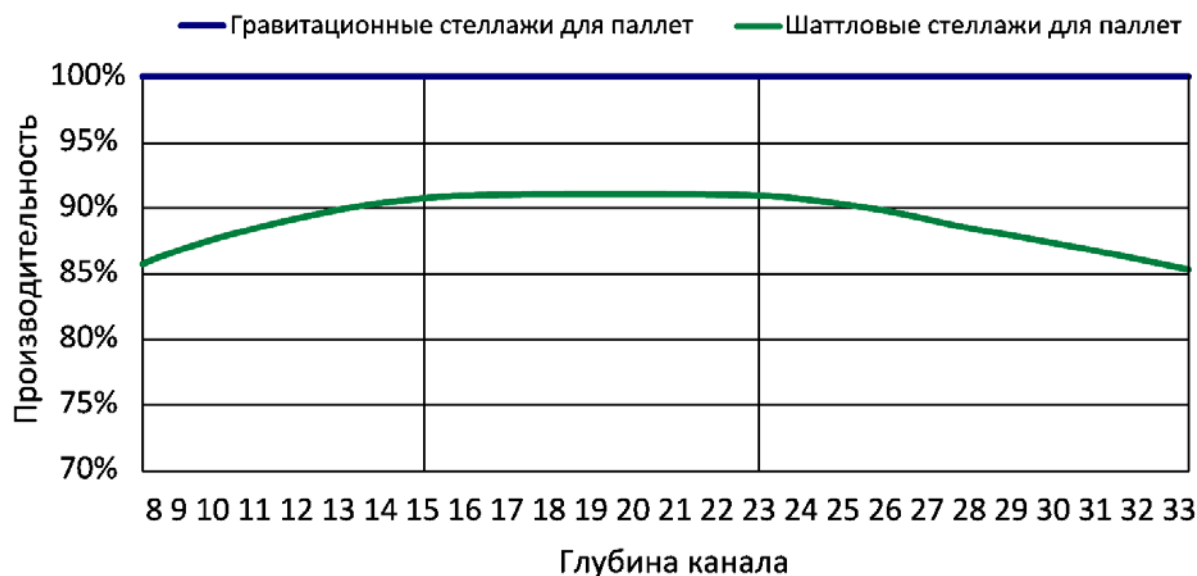


Рис. 4. Сравнение производительности гравитационных и шаттловых стеллажей для паллет

Ещё одним важным фактором при сравнении являются инвестиционные затраты (стоимость паллетоместа). У гравитационных стеллажей для паллет они относительно высокие, ввиду наличия роликового гравитационного конвейера. У шаттловых стеллажей определяющим фактором инвестиционных затрат, в сравнении с гравитационными стеллажами, являются стоимость и количество шаттлов. Если учитывать затраты при обеспечении одинаковой производительности, то в соответствии с исследованием [16] гравитационные стеллажи для паллет являются более рентабельными по сравнению с шаттловыми при глубине канала менее 15 паллет.

Гравитационные стеллажи для паллет по сравнению с фронтальными стеллажами способны обеспечить экономию до 60% складской площади и до 40% сократить затраты на транспортировку груза (рис. 5), [17].

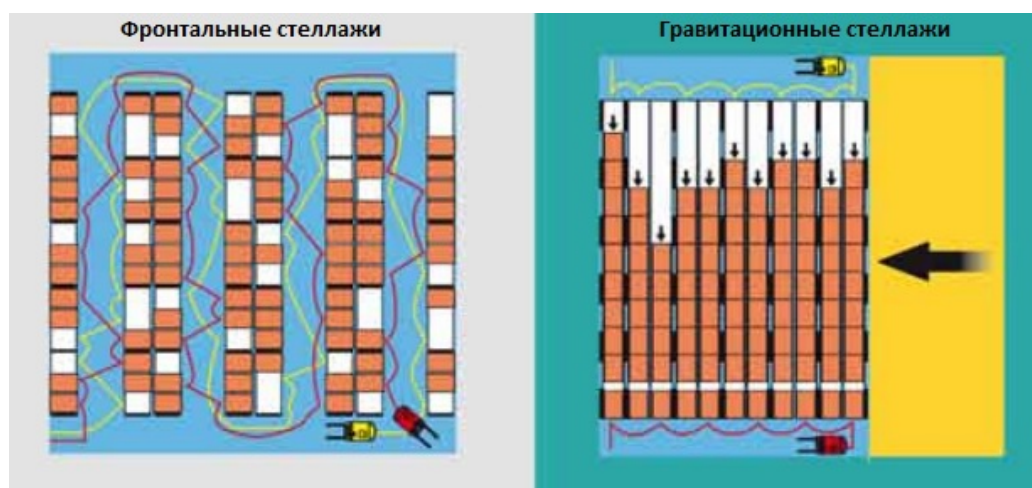


Рис. 5. Транспортировка и хранение груза при использовании гравитационных и фронтальных стеллажей для паллет

Благодаря упорядоченному хранению при использовании гравитационных стеллажей обеспечивается мгновенный доступ к ячейке с отдельным SKU (рис. 6).

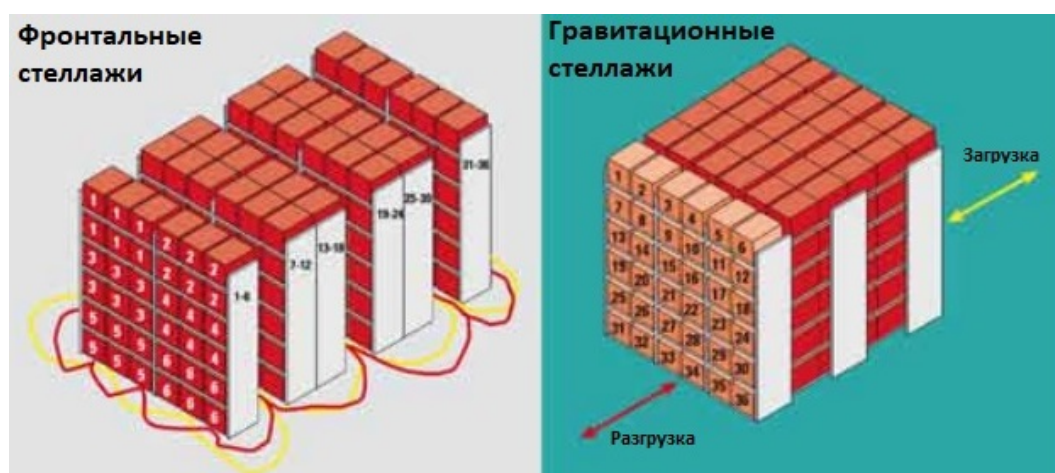


Рис. 6. Сравнение типа хранения SKU при использовании гравитационных и фронтальных стеллажей для паллет

Конструктивные параметры металлоконструкции

При исследовании металлоконструкции гравитационных стеллажей для паллет важно учитывать её конструктивные параметры, формирующие металлоконструкцию под обработку необходимых типов грузов и определяющие габаритные размеры стеллажа.

Рассмотренная нормативная документация, регулирующая общие технические условия сборно-разборных стеллажей в РФ представлена ГОСТом 55525-2017 [18]. Однако согласно данному стандарту выделено всего 3 вида сборно-разборных стеллажей: фронтальные, набивные и консольные. Стандартом не предусмотрено описание параметров конструкции гравитационного стеллажа для паллет. Таким образом, в РФ отсутствуют стандарты, регламентирующие конструктивные параметры гравитационных стеллажей для паллет.

Важное значение на размеры гравитационного стеллажа для паллет оказывают габаритные размеры паллеты, которые определяются типом применяемых поддонов.

Основными типами поддонов, используемых в РФ, являются деревянные евро- и финподдоны [19], представлены на рис. 7.



Рис. 7. Основные типы поддонов, используемые в РФ

По результатам анализа конструкций гравитационных стеллажей для паллет [7-14] определены основные конструктивные параметры их металлоконструкций, учитывающие глубину, ширину и высоту гравитационных стеллажей для паллет.

Конструктивные параметры металлоконструкции гравитационных стеллажей для паллет представлены на рис. 8-11 и в табл. 1 с учётом размеров паллеты: длины L_p (рис. 8), высоты H_p (рис. 10) и ширины W_p (рис. 11).

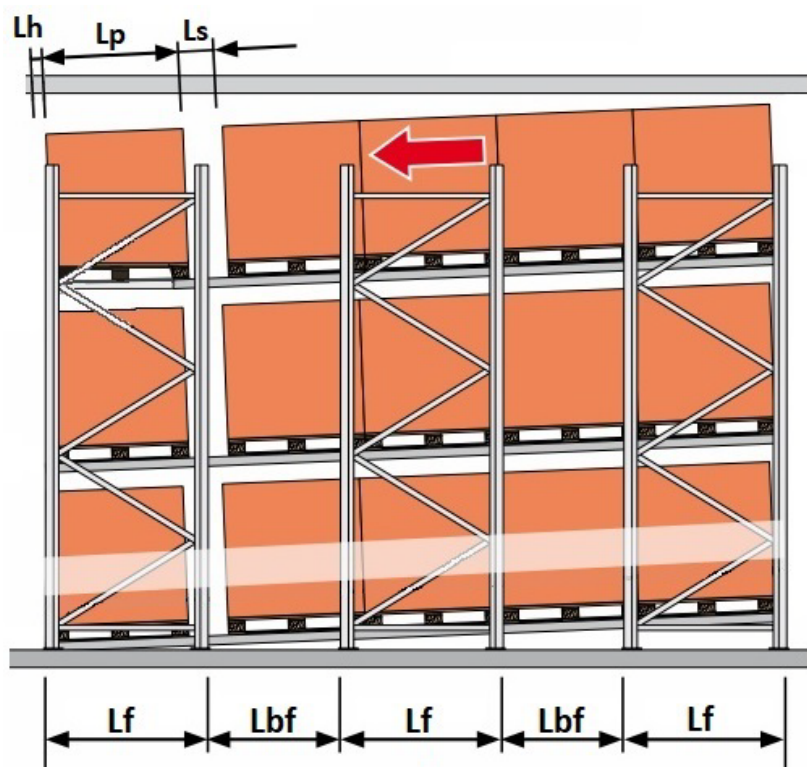


Рис. 8. Схема конструктивных параметров учёта глубины гравитационного стеллажа для паллет

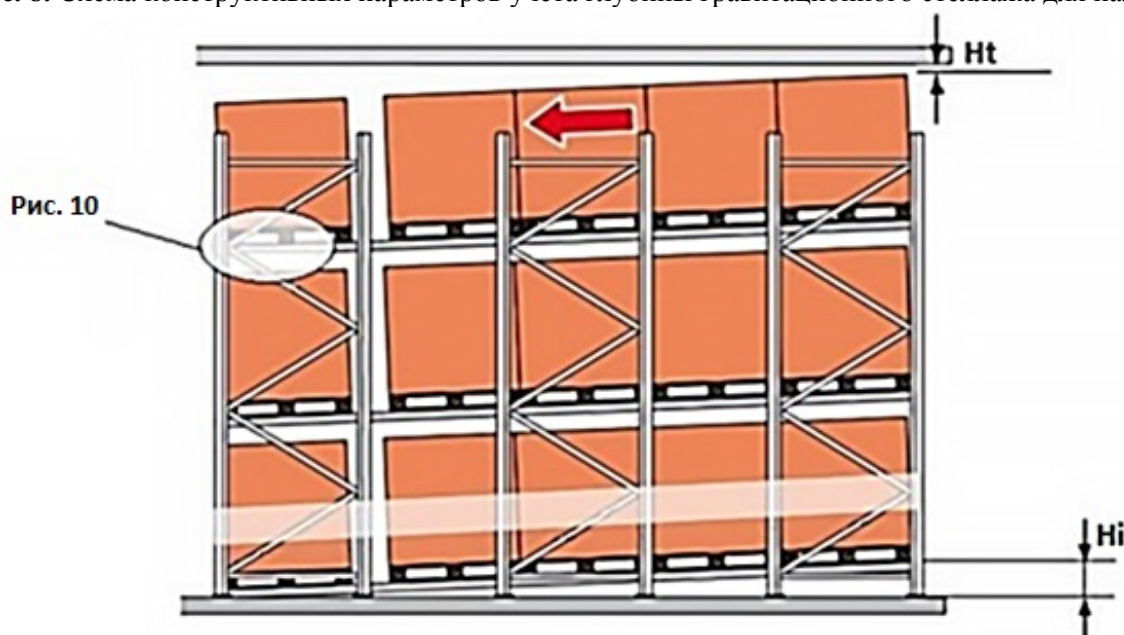


Рис. 9. Схема конструктивных параметров учёта высоты гравитационного стеллажа для паллет (общий вид)

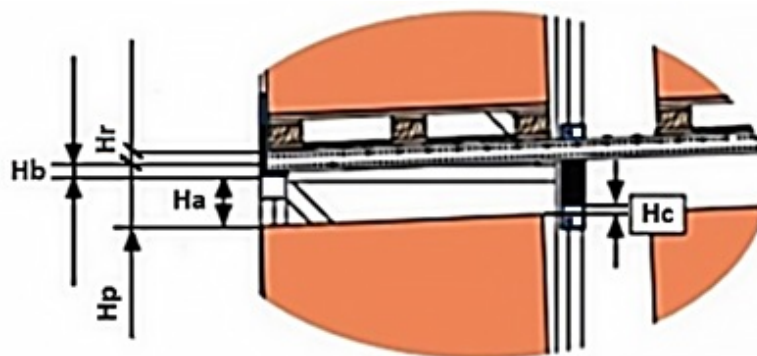


Рис. 10. Схема конструктивных параметров учёта высоты гравитационного стеллажа для паллет (приближенный вид)

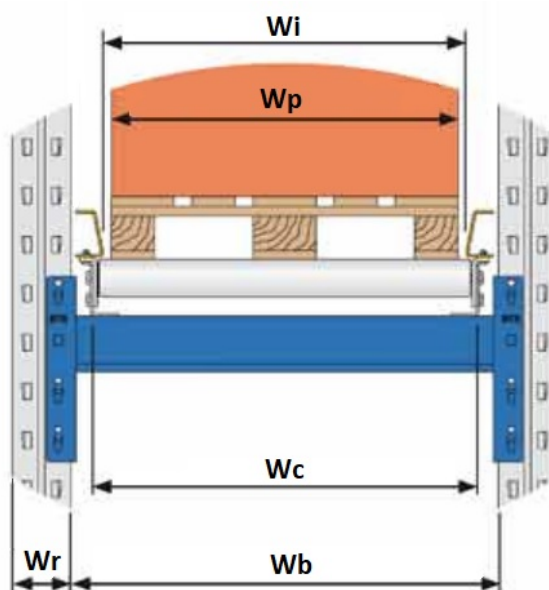


Рис. 11. Схема конструктивных параметров учёта ширины гравитационного стеллажа для паллет

Табл. 1. Конструктивные параметры металлоконструкции гравитационных стеллажей для паллет

Обозначение	Наименование
L_f	Длина рамы
L_{bf}	Расстояние между рамами
L_s	Зазор разделителя паллет
L_h	Зазор безопасности обработки паллеты
H_a	Зазор безопасности над паллетой для обработки
H_c	Зазор безопасности в канале движения
H_t	Зазор безопасности перед потолком
H_b	Высота сечения балки
H_r	Высота роликового конвейера
H_i	Высота подъёма роликового конвейера
W_i	Ширина между направляющими подачи паллеты
W_c	Ширина канала
W_b	Расстояние между стойками
W_r	Ширина стойки

Выводы

1. Представлен обзор и проведён анализ конструкций отечественных и зарубежных производителей гравитационных стеллажей для паллет.
2. Приведены основные критерии сравнения компактных систем хранения.
3. Рассмотрены преимущества компактных систем хранения.
4. Описана конструкция и принцип работы гравитационных стеллажей для паллет.
5. Проведён сравнительный анализ гравитационных стеллажей для паллет с шаттловыми стеллажами и фронтальными стеллажами для паллет.
6. Выявлены основные преимущества гравитационных стеллажей для паллет, которые по сравнению с другими компактными системами хранения обеспечивают высокую производительность, плотность хранения и являются более рентабельными по сравнению с шаттловыми стеллажами при глубине канала менее 15 паллет.
7. Определены основные конструктивные параметры металлоконструкции гравитационных стеллажей для паллет.

Список литературы

1. Рахилин К., Сафронов Е., Чеканов А. Подходы к выбору оборудования в складской интраталогистике // Логистика. – 2017. – №11. – С. 16-19.
2. Comparing compact storage systems: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mecalux.com/blog/comparison-compact-storage-systems> (дата обращения: 10.04.2025).
3. Compact Pallet Rack Storage Systems: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ar-racking.com/en/blog/compact-pallet-rack-storage-systems/> (дата обращения: 10.04.2025).
4. Eo J. Structured comparison of pallet racks and gravity flow racks // IIE Annual Conference and Expo. – 2015. – P. 1971-1980.01.
5. Гравитационные стеллажи для паллет и коробок: [Электронный ресурс]. URL: <https://skladovoy.ru/gravitacionnye-stellazhi-dlya-pallet-i-korobok.html> (дата обращения: 10.04.2025).
6. Землянская В.Н. Классический метод ABC-анализа и его современная модификация // Евразийский Союз Ученых. – 2017. – №9-2 (42). – С. 15-19.
7. First: [Электронный ресурс]. URL: <https://1logistik.ru/> (дата обращения: 10.04.2025).
8. Comitas: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.comitas.ru/> (дата обращения: 10.04.2025).
9. Стеллажи Медведь: [Электронный ресурс]. URL: <https://medved1.ru/> (дата обращения: 10.04.2025).
10. Bito: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bito.com/ru-ru/> (дата обращения: 10.04.2025).
11. Interroll: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.interroll.com/> (дата обращения: 10.04.2025).
12. Mecalux: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mecalux.com/> (дата обращения: 10.04.2025).
13. Euroroll: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.euroroll.de/> (дата обращения: 10.04.2025).

14. SSI schaefer: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ssi-schaefer.com/en-us> (дата обращения: 10.04.2025).
15. Сафронов Е.В., Носко А.Л., Шарифуллин И.А. Тормозные ролики для паллетных гравитационных стеллажей. Конструкция. Теория. Методы расчета. Эффективность применения: монография // М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2024. – 115 с.
16. Franke S., Manemann J. Efficient solutions for high-density pallet storage: A detailed comparison of Pallet Flow and Pallet Shuttle Rack Systems // Fraunhofer IML. – 2024. – 20 p.
17. Pallet live storage system User manual: [Электронный ресурс]. URL: https://www.bitto.com/fileadmin/user_upload/Pallet_Live_Storage_System_-_User_Manual.pdf (дата обращения: 10.04.2025).
18. ГОСТ 55525-2017. Складское оборудование СТЕЛЛАЖИ СБОРНО-РАЗБОРНЫЕ Общие технические условия // М.: Стандартинформ. – 2017. – 44 с.
19. Носко А.Л., Сафронов Е.В., Потапов В.А. Система паллетных модулей для складской интралогистики // Вестник машиностроения. – 2016. – №8. – С. 10-12.
-

АВТОРЫ

Алексеев Вадим Игоревич, аспирант каф. «Подъемно-транспортные системы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), Vada_smol@mail.ru.

Носко Андрей Леонидович, профессор кафедры «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), доктор технических наук, доцент, dr.nosko@mail.ru.

Сафронов Евгений Викторович, доцент кафедры «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), кандидат технических наук, доцент, safonov@bmstu.ru.

Machines & Plants Design & Exploiting

*Electronic journal
International Public Organization
“Integration strategy”
<http://maplants-journal.ru>*

*//Machines and Plants:Design and Exploiting.
2025. № 1. pp. 43 – 54.*

DOI:

Received: 10.04.2025

Accepted for publication: 27.04.2025

© Interntional Public Organization “Integration strategy”

Review and analysis of live pallet racking design

Vadim I. Alekseev,*
Andrey L. Nosko,
Evgeny V. Safronov

*Vada_smol@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russian Federation

The article presents an overview and analysis of the designs of domestic and foreign manufacturers of live pallet racking. The main comparison criteria are given and the advantages of compact storage systems are considered. The design and operating principle of live pallet racking are described. A comparative analysis of live pallet racking with shuttle and frontal pallet racks was conducted. The main advantages of live pallet racking are identified, which, compared to other compact storage systems, provide high productivity, storage density and are more cost-effective than shuttle racks at channel depths of less than 15 pallets. The main design parameters of the metal construction of live pallet racking are determined. The obtained results are supposed to be used in the calculation method of the metal construction of live pallet racking.

Keywords: live pallet racking, metal construction, racks structures, racks design parameters, compact storage systems, racks equipment.

References

1. Rakhilin K., Safronov E., Chekanov A. Approaches to the selection of equipment in warehouse intralogistics // Logistics. – 2017. – no. 11. – pp. 16-19.
2. Comparing compact storage systems: [Electronic resource]. URL: <https://www.mecalux.com/blog/comparison-compact-storage-systems> (accessed 10.04.2025).
3. Compact Pallet Rack Storage Systems: [Electronic resource]. URL: <https://www.ar-racking.com/en/blog/compact-pallet-rack-storage-systems/> (accessed 10.04.2025).
4. Eo J. Structured comparison of pallet racks and gravity flow racks // IIE Annual Conference and Expo. – 2015. – pp. 1971-1980.01.
5. Live pallet racking and boxes: [Electronic resource]. URL: <https://skladovoy.ru/gravitacionnye-stellazhi-dlya-pallet-i-korobok.html> (accessed 10.04.2025).
6. Zemlyanskaya V.N. Classical method of ABC analysis and its modern modification // Eurasian Union of Scientists. – 2017. – no. 9-2 (42). – pp. 15-19.
7. First: [Electronic resource]. URL: <https://1logistik.ru/> (accessed 10.04.2025).
8. Comitas: [Electronic resource]. URL: <https://www.comitas.ru/> (accessed 10.04.2025).
9. Racks Bear: [Electronic resource]. URL: <https://medved1.ru/> (accessed 10.04.2025).

10. Bito: [Electronic resource]. URL: <https://www.bito.com/ru-ru/> (accessed 10.04.2025).
 11. Interroll: [Electronic resource]. URL: <https://www.interroll.com/> (accessed 10.04.2025).
 12. Mecalux: [Electronic resource]. URL: <https://www.mecalux.com/> (accessed 10.04.2025).
 13. Euroroll: [Electronic resource]. URL: <https://www.euroroll.de/> (accessed 10.04.2025).
 14. SSI Schaefer: [Electronic resource]. URL: <https://www.ssi-schaefer.com/en-us> (accessed 10.04.2025).
 15. Safronov E.V., Nosko A.L. Sharifullin I.A. Brake rollers for live pallet racking. Design. Theory. Calculation methods. Application efficiency: monograph // Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University. – 2024. – 115 p.
 16. Franke S., Manemann J. Efficient solutions for high-density pallet storage: A detailed comparison of Pallet Flow and Pallet Shuttle Rack Systems // Fraunhofer IML. – 2024. – 20 p.
-

AUTHORS

Vadim I. Alekseev, Postgraduate student, Department of Lifting and Transport Systems, Bauman Moscow State Technical University, (5, 2nd Baumanskaya St., Moscow, 105005), Vada_smol@mail.ru.

Andrey L. Nosko, Professor of the Department of Lifting and Transport Systems at Bauman Moscow State Technical University, (105005, Moscow, 2nd Bauman str., 5), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, dr.nosko@mail.ru.

Evgeny V. Safronov, Associate Professor of the Department of Lifting and Transport Systems at Bauman Moscow State Technical University, (105005, Moscow, 2nd Bauman str., 5), Candidate of Technical Sciences, safronov@bmstu.ru.