

Механизм подъема мелкоштучных грузов из тротуарной плитки

М.Е. Николаев, А.М. Буров, А.В. Калачев, А.В. Белогорцев

*Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного
технического университета*

Аннотация: В промышленном производстве на складских работах довольно широкое применение находят погрузчики-штабелеры, применяемые для погрузки и транспортировки грузов, упакованных на паллетах. В основном, при выполнении погрузочно-транспортной технологической операции функциональных возможностей штабелера достаточно. При появлении препятствия или укладке паллетов необходима дополнительная маневренность, вследствие которой теряется общая производительность погрузчика. В результате проведенных исследований получено, что при обходе препятствий и укладке паллетов, затрачиваемое на маневрирование шасси время составляет до 13%, при этом коэффициент использования погрузчика-штабелера по производительности составляет 0,7. Проведено численное моделирование процесса позиционирования грузозахватного органа погрузочно-транспортного агрегата, на этой основе предложена и разработана конструкция погрузчика-штабелера, с расширенными функциональными возможностями, в частности, увеличенная за счет использования манипулятора-трипода и двух направляющих исполнительных приводов, зона обслуживания, что позволяет уменьшить время выполнения технологической операции погрузки и разгрузки паллетов в складских работах. Посчитаны геометрические, структурные и кинематические параметры механизма погрузчика.

Ключевые слова: численное моделирование, погрузчик-штабелер, зона обслуживания, грузозахватный орган, манипулятор, шарниры, шасси, структурный анализ, геометрический анализ, кинематический анализ, исполнительный привод, паллет.

Результаты и обсуждения

В промышленном производстве на складских работах довольно широкое применение находят погрузчики-штабелеры, применяемые для погрузки и транспортировки грузов, упакованных на паллетах. В основном, при выполнении погрузочно-транспортной технологической операции функциональных возможностей штабелера достаточно. При появлении препятствия или укладки паллетов необходима дополнительная маневренность, вследствие которой теряется общая производительность погрузчика. Предлагается провести численное моделирование процесса погрузки позиционирования грузозахватного органа с целью усовершенствования механизма подъема погрузчика-штабелера для расширения функциональных возможностей и уменьшения маневренности

погрузочно-транспортного агрегата при работе с промышленными грузами в складских помещениях [1, 2].

Погрузчик-штабелер с увеличенной рабочей зоной содержит механизм подъема 1, к которому крепится манипулятор-трипод, состоящий из треугольной фермы 2 трех электроприводов 3, которые с одной стороны крепятся к основанию трипода с помощью цилиндрических шарниров 4 (рис. 1).

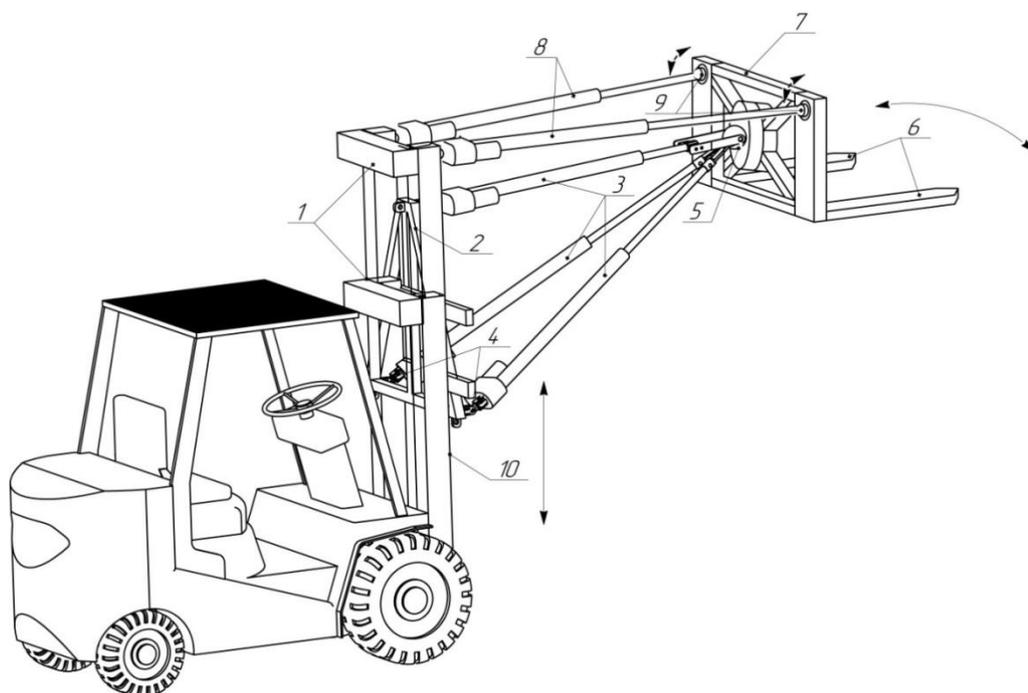


Рис. 1. - Общий вид погрузчика-штабелера

С другой стороны исполнительные звенья манипуляционного механизма соединяются между собой пятиподвижным сферическим шарниром 5 с кинематической парой третьего класса, к которому, в свою очередь, крепится грузозахватный орган, состоящий из двух направляющих 6 и вертикальной платформы 7, а также содержащий два направляющих актуатора 8, имеющих крепления посредством сферических шарниров 9 с платформами 7 и 10, которые при позиционировании грузозахватного органа

вертикальны плоскости движения погрузчика и параллельны между собой [3, 4].

Технологический процесс погрузочно-транспортной работы в складском помещении осуществляется следующим образом (рис. 2). Погрузчик-штабелер с увеличенной рабочей зоной обслуживания движется по складскому помещению до груза, упакованного на паллете, после чего останавливается и с помощью механизма подъема 1 осуществляет перемещение треугольной фермы 2 в вертикальной плоскости, далее с помощью исполнительных звеньев 3 осуществляется позиционирование выходного звена манипулятора, пятиподвижного сферического шарнира 5 и подвод грузозахватного органа к захварываемому объекту.

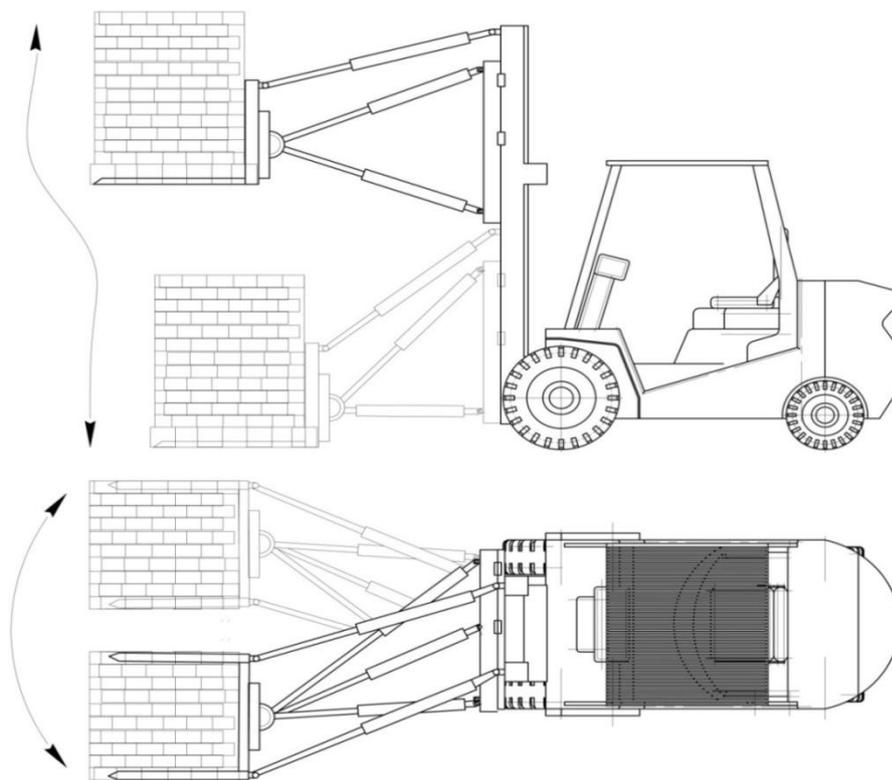


Рис. 2. - Схема технологического процесса погрузки паллетов в складском помещении

Направляющие актуаторы 8 регулируют платформы 7 и 10, они вертикальны по отношению к плоскости движения погрузчика и

параллельны между собой. После этого происходит дальнейшая транспортировка груза в место укладки. Наличие сферических шарниров позволяет манипулировать захватом, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях [5, 6].

Главными задачами исследования манипуляционного механизма погрузчика-штабелера являются структурный и кинематический анализ. На начальных этапах проектирования могут возникнуть сложности, такие, как заклинивание и потеря устойчивости механизма. Поэтому необходимо произвести расчет степени подвижности механизма погрузчика-штабелера [7, 8].

Обосновать степень подвижности механизма можно за счет исполнительных звеньев манипулятора погрузчика. В данном случае, это направляющие актуаторы $l_1=AB$ и $l_2=A_1B_1$, и исполнительные приводы манипулятора-трипода $l_3=CD$, $l_4=BD$, $l_5=KD$

Для определения степени подвижности W манипуляционного механизма погрузчика-штабелера, используем форму Сомова-Малышева-Чебышева:

$$W=6n-5p_5-4p_4-3p_3=4 \quad (1)$$

где $W(n, p_i)$ – степень подвижности манипуляционного механизма погрузчика-штабелера; n – количество подвижных звеньев механизма погрузчика; p_i –количество кинематических пар i -й подвижности.

Учитывая передвижения шасси при выполнении технологической операции погрузки-разгрузки паллетов, степень подвижности $W=5$.

Перемещение выходного звена манипуляционного механизма в пространстве описывают обобщённые координаты $q(t)$.

Одной из главных задач кинематического анализа является расчет рабочей зоны обслуживания манипуляционного механизма погрузчика,

которая зависит от перемещений выходного звена грузозахватного органа точки D . (рис. 3).

Рабочая зона обслуживания зависит от изменения длин исполнительных звеньев механизма $l_3=BD$, $l_4=CD$, $l_5=KD$ и механизма подъема манипулятора в вертикальной плоскости с перемещением S . С помощью углов α_k и β_k ($k=1\div 3$) задается ориентация исполнительных приводов манипуляционного механизма в пространстве.

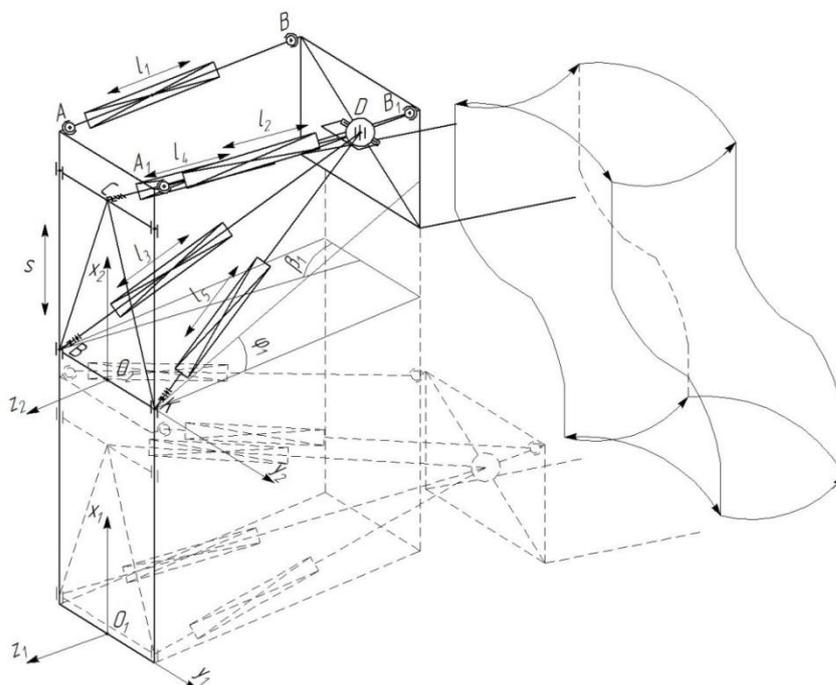


Рис. 3. - Кинематическая схема погрузчика-штабелера

Перемещение выходного звена точки D грузозахватного органа от подвижной $O_2X_2Y_2Z_2$ к неподвижной $O_1X_1Y_1Z_1$ прямоугольной системе координат представлено в формуле(2).

$$\begin{cases} X_D = X_0 + \alpha_{13}X_{1D} + \alpha_{24}Y_{1D} + \alpha_{35}Z_{1D}, \\ Y_D = Y_0 + \alpha_{13}X_{1D} + \alpha_{24}Y_{1D} + \alpha_{35}Z_{1D}, \\ Z_D = Z_0 + \alpha_{13}X_{1D} + \alpha_{24}Y_{1D} + \alpha_{35}Z_{1D}. \end{cases} \quad (2)$$

где X_D, Y_D, Z_D – координаты (точки M) пятиподвижного сферического шарнира манипулятора-трипода; X_0, Y_0, Z_0 – векторы проекции на соответствующие оси; α_{sk} – направляющие косинусы, задающие перемещение между подвижной $O_2X_2Y_2Z_2$ и неподвижной $O_1X_1Y_1Z_1$ декартовыми системами координат; \vec{i}_s, \vec{i}_k – единичные векторы в декартовой системе координат.

$$\alpha_{sk} = \vec{i}_{I_s} \cdot \vec{i}_k \quad s, k = 3, 4, 5$$

Для зависимости (1) $X_0 = 0; Y_0 = Y_0; Z_0 = 0$,

матрица направляющих косинусов -
$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi \end{vmatrix}$$

Тогда для точки D выходного звена грузозахватного органа формула (2) принимает вид (3):

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{l_3^2 - l_5^2}{4O_2B} + s \\ y = \frac{A}{2O_2B} \\ z = \left(-l_4^2 - \frac{(l_5^2 - l_3^2)^2}{16O_2B^2} - \frac{A^4}{4OC} \right) \end{array} \right. \quad (3)$$

$$L^2 = (-l_3^2 + 0.5l_4^2 + 0.5l_5^2 - O_2B^2 - O_2C^2)$$

С помощью уравнений связей (3) сформирована теоретическая зона обслуживания манипуляционного механизма погрузчика [9,10]. Расчет рабочей зоны произведен в программном комплексе Mathcad.

В результате проведенных расчётов, рабочая зона обслуживания выходного звена грузозахватного органа погрузчика-штабелера

осуществляется в следующих пределах относительно неподвижной декартовой системы координат: по оси X от $\min(X) = -375$ мм до $\max(X) = 4028$ мм; по оси Y от $\min(Y) = -499$ мм до $\max(Y) = -499$ мм; по оси Z от $\min(Z) = 0$ мм до $\max(Z) = 889$ (рис. 4).

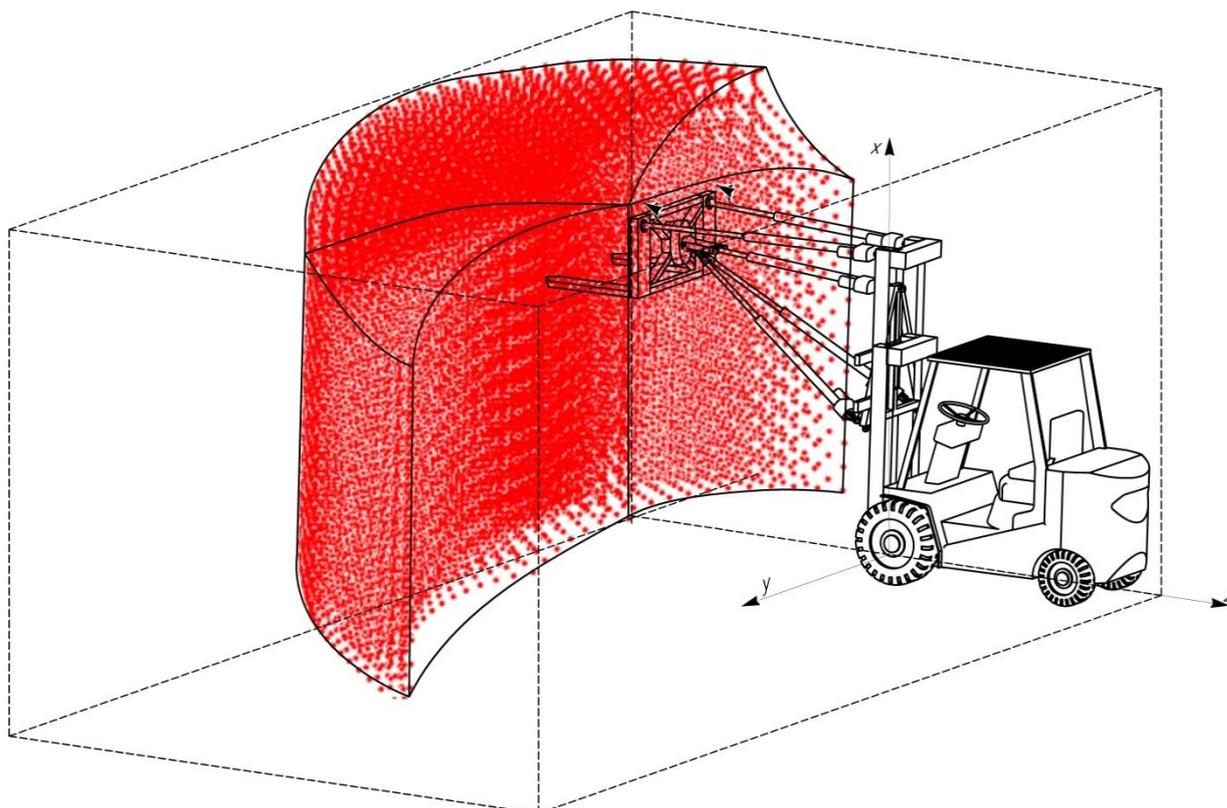


Рис. 4. - Рабочая зона обслуживания выходного звена грузозахватного органа погрузчика-штабелера.

Проведено численное моделирование процесса позиционирования грузозахватного органа погрузочно-транспортного агрегата, на этой основе предложена и разработана манипуляционная конструкция погрузчика-штабелера, с расширенными функциональными возможностями, в частности увеличенная рабочая зона обслуживания погрузочно-транспортного агрегата. Это позволяет уменьшить возможные перемещения шасси погрузчика, при возникновении препятствий на пути выполнения технологической операции

погрузки и разгрузки паллетов в складских помещениях. Посчитаны геометрические, структурные и кинематические параметры механизма погрузчика.

Литература

1. Жадановский Б.В., Синенко С.А., Мирошникова И.М. Организация строительного-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве автомобильными кранами // Системные технологии. 2018. № 2 (27). С. 41-48.
2. Илесалиев Д.И. К вопросу о схеме размещения стеллажей на складе // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017. № 1. С. 99-106.
3. Карпенко М., Пелевин Л.Е., Богдвичус М. Перспектива использования гидравлического энергосберегающего привода // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2017. № 3 (41). С. 7-12.
4. Ковалёва Т.Е. Сравнительный анализ вил погрузчика компьютерным моделированием // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 3. С. 316-318.
5. Семенов Д.А. Автоматизация рабочего цикла вилочного погрузчика // Научные известия. 2022. № 28. С. 201-204.
6. Сахапов Р.Л., Махмутов М.М., Земдиханов М.М., Махмутов М.М. Оценка комбинированных машин с грузоподъемными устройствами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 1-2. С. 282-287.
7. Юхимец Д. А., Губинков А.С., Зуев А.В. Метод формирования пространственных траекторий мобильного робота в неизвестной обстановке // робототехника и техническая кибернетика. 2018. № 2 (19). С. -46-51.
8. Nikolaev M.E., Nesmianov I.A., Zaharov E.N. Definition of service area of agricultural loading robot with manipulator of parallel-serial structure // IOP



Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 747(1). doi: 10.1088/1757-899X/747/1/012125

9. Nikolaev, M., Nesmianov, I., Zhoga, V., Ivanov, A. Justification Parameters and Planning Capture Trajectories for Robotic Loading and Transport // Smart Innovation, Systems and Technologies 2022. 245. doi: 10.1007/978-981-16-3349-2_20

10. Zhoga V.V., Skakunov V.N., Terekhov S.E., Belikov V.A. The architecture of the control system for the mobile process robot with walking movers International Review of Mechanical Engineering. 2017. T. 11. № 5. pp. 337-342.

References

1. Zhadanovskij B.V., Sinenko S.A., Miroshnikova I.M. Organizaciya stroitelno-montazhnyx i pogruzochno-razgruzochnyx работ v stroitelstve avtomobilnymi kranami. 2018. № 2 (27). pp. 41-48.

2. Ilesaliev D.I. K voprosu o sxeme razmeshheniya stellazhej na sklade. 2017. № 1. pp. 99-106.

3. Karpenko M., Pelevin L.E., Bogdyavichus M. Perspektiva ispolzovaniya gidravlichesкого energosberegayushhego privoda 2017. № 3(41). pp. 7-12.

4. Kovalyova T.E. Sravnitelnyj analiz vil pogruzchika kompyuternym modelirovaniem. 2022. № 3. S. 316-318.

5. Semenov D.A. Avtomatizaciya rabocheго cikla vilochnого pogruzchika 2022. № 28. pp. 201-204.

6. Saxapov R.L., Maxmutov M.M., Zemdixanov M.M., Maxmutov M.M. Ocenka kombinirovannyx mashin s gruzopodemnymi ustrojstvami. 2017. T. 19. № 1-2. pp. 282-287.



7. Yuximecz D. A., Gubinkov A.S., Zuev A.V. Metod formirovaniya prostranstvennykh traektorij mobilnogo robota v neizvestnoj obstanovke. 2018. № 2 (19). pp. 46-51.
8. Nikolaev M.E., Nesmianov I.A., Zaharov E.N. Definition of service area of agricultural loading robot with manipulator of parallel-serial structure. 2020. 747(1). doi: 10.1088 1757 899X 747 1 012125.
9. Nikolaev, M., Nesmianov, I., Zhoga, V., Ivanov, A. Justification Parameters and Planning Capture Trajectories for Robotic Loading and Transport 2022. 245. doi: 10.1007 978 981 16 3349 2 20.
10. Zhoga V.V., Skakunov V.N., Terekhov S.E., Belikov V.A. The architecture of the control system for the mobile process robot with walking movers International Review of Mechanical Engineering. 2017. T. 11. № 5. pp. 337-342.