

К.А. САВРАНСКИЙ, студент гр. УНЭ32 (ДГТУ)  
Научные руководители Д.В. ТРИНЦ, ст. преп. (ДГТУ),  
М.Н. ФИЛИМОНОВ, к.т.н., доцент (ДГТУ)  
г. Ростов-на-Дону

## РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИБКИХ СВЯЗЕЙ (РСГС)

**Введение.** Сегодня в России, особенно на Юге страны, активно развивается сельское хозяйство. Растет производство сельскохозяйственной продукции, которую необходимо хранить в определенных условиях. Для этого строятся специальные мультитемпературные склады. Например, первый в Ростове-на-Дону мультитемпературный склад класса А (см. схему на рисунке 1) находится в финальной стадии готовности: проводятся технические запуски и тестирование оборудования. Мультитемпературный склад класса А имеет следующие технические характеристики: высота хранения – более 10 м, нагрузка на пол – не меньше 5 т/м<sup>2</sup>, большая площадь камер (шаг колонн 12 м), пожарная сигнализация, автоматическая вентиляция, площадки для разворота крупнотоннажного транспорта и др. [1].



Рис. 1. 3D-модель мультитемпературного склада в Ростове-на-Дону

В связи с возросшим оборотом грузов необходимо повысить эффективность транспортно-логистических комплексов складских помещений агропромышленного комплекса. Ниже предлагается использовать устанавливаемую на подвижную платформу роботизированную систему с технологией гибких связей (РСГС).

**Обоснование концепции системы.** Во-первых, для выполнения большинства складских операций таких как сортировка и перемещение товаров достаточно грузоподъемности в 700 кг. Во-вторых, в условиях склада выгодно использовать систему с относительно небольшой автономно-

стью, так как есть возможность организовать зарядные станции на территории склада. В-третьих, можно установить двигатели малой мощности, которые ограничат скорость передвижения и увеличит контроль над движением при перемещении дорогих или хрупких предметов.

В результате низкая себестоимость РСГС обеспечится экономией затрат на батареи высокой емкости, мощные двигатели и крепкую раму [2-4].

**Постановка задачи.** Первичным этапом проектирования является создание математической модели манипуляционной системы РСГС и решение обратной задачи динамики для изучения целевого соответствия результата исходному техническому заданию. Он предшествует следующим стадиям проектирования:

1. Созданию аппаратной части для управления манипуляционной системой РСГС;
2. Разработке ПО для манипуляционной системой РСГС;
3. Реализации экспериментального образца;
4. Конструированию и отладке автоматизированной системы управления РСГС;
5. Испытаниям экспериментального образца в производственных условиях.

**Новизна проекта.** Новизна проекта заключается в применении пространственного механизма с четырьмя степенями свободы. Это позволяет создать мобильность конструкции, которая обеспечивает простоту установки, охват больших площадей разной формы и широкую возможность применения.

Также предполагается автоматизация процесса погрузки/разгрузки автотранспорта. Оператору необходимо ввести данные в систему управления, а далее весь процесс полностью автоматизируется, позволяя сократить персонал и операционное время. Предлагаемое улучшение логистики упрощает доставку продуктов в магазины.

**Преимущество гибких связей.** Применение гибких связей дает возможность использовать мобильную платформу, выполнять задачи по перемещению сразу нескольких грузов, позволяет сохранить в целостность груза. Также данное техническое решение позволяет выполнять точные перемещения груза на малое расстояние. Спроектированная транспортная система работает при помощи 4 электродвигателей и 4 канатов, что позволяет осуществлять как линейные перемещения, так и повороты в трех плоскостях.

Управление движением рабочего органа происходит благодаря согласованной работе моторных лебедок, обеспечивающих наматывание или вытравливание тросов. Натяжение тросов, исключаящее их провисание, осуществляется через шкивы, размещенные на опорных стойках [1]. Кинематическая схема предлагаемой РСГС показана на рисунке 2.

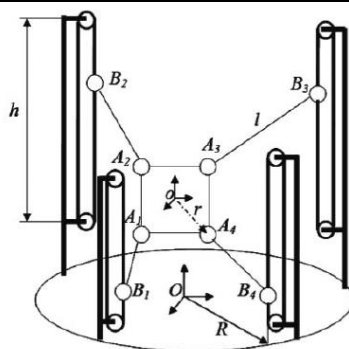


Рис. 2. Модель пространственного механизма с четырьмя степенями свободы

**Ходовой прототип.** Опытный образец представляет из себя подвижную платформу с четырьмя колесами, вращающимися вокруг вертикальных осей на  $360^\circ$  и приводимыми в движение при помощи четырех электродвигателей. Конструкция адаптирована для манипуляций в узких складских помещениях при разгрузке широкой номенклатуры грузов. Ее внешний вид и функциональные особенности приведены на рисунке 3.

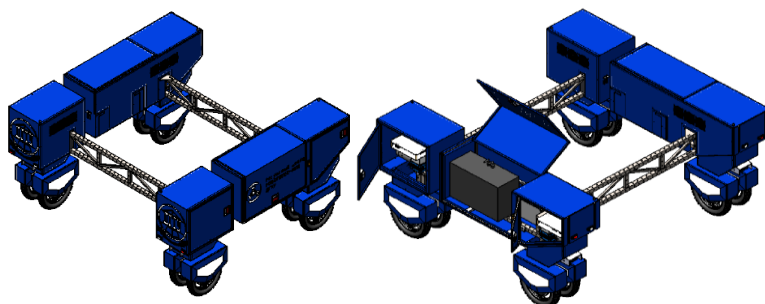


Рис. 3. Модель подвижной платформы для РСГС: слева – общий вид; справа – размещение электропривода и системы электропитания

На платформе (рисунок 3) крепится надстройка в виде пространственного механизма с четырьмя степенями свободы, имеющая электродвигатели для натягивания стропильных канатов. Также на ней размещено грузовое отделение. В собранном виде устройство показано на рисунке 4.

**Аналоги.** Произведен поиск отечественных и зарубежных аналогов спроектированной РСГС. Конструктивно и функционально идентичных систем не существует, поскольку на рынке представлены грузовые платформы, которые требуют постоянного участия оператора. Также нигде не реализована отрабатываемая в данном проекте технология гибких связей.

Соответственно, предлагаемая РСГС адля агропромышленного комплекса обладает следующими преимуществами:

- высокая степень автоматизации;
- расширенная фукциональность в части номенклатуры грузов, а также условий и качества складирования.

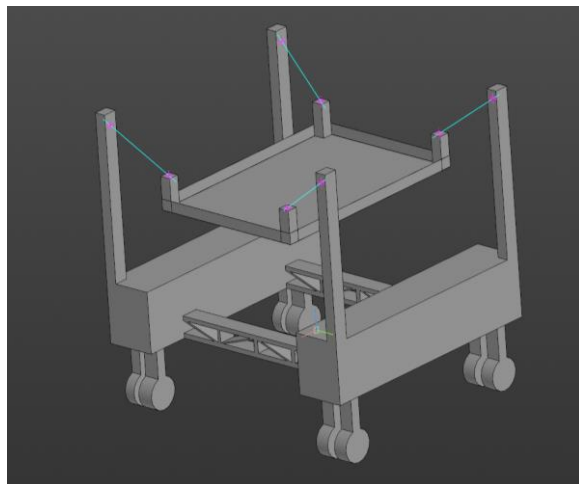


Рис. 4. Модель ходового прототипа РСГС

**Решение задачи кинематики для опытного образца.** Рассмотрим решение задачи кинематики для системы с гибкими связями, схематизированной на рис. 5. Как видно из этого рисунка,  $C1$ ,  $C2$  – расстояния между стойками, на которых крепятся электромоторы.  $a$ ,  $b$  – длина и ширина груза,  $l1$ ,  $l2$ ,  $l3$ ,  $l4$  – длина канатов, необходимая для фиксации груза.

Кроме того, применение гибких связей дает возможность перемещать сразу несколько грузов без повреждения.

Решением задачи служат уравнения для перемещения груза:

$$l1 = ((x - \frac{a}{2})^2 + (y - \frac{b}{2})^2)^{-\frac{1}{2}} - \frac{(a-2x)^2}{4((x-\frac{a}{2})^2 + (y-\frac{b}{2})^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (1)$$

$$l2 = ((\frac{b}{2} - C2 + y)^2 + (x - \frac{a}{2})^2)^{-\frac{1}{2}} - \frac{(a-2x)^2}{4((\frac{b}{2} - C2 + y)^2 + (x - \frac{a}{2})^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (2)$$

$$l3 = \frac{a-2*C1+2x}{2 \cdot \sqrt{(\frac{a}{2} - C1 + x)^2 + (\frac{b}{2} - C1 + y)^2}}, \quad (3)$$

$$l4 = \frac{a-2*C1+2x}{2 \cdot \sqrt{(\frac{a}{2} - C1 + x)^2 + (y - \frac{b}{2})^2}}. \quad (4)$$

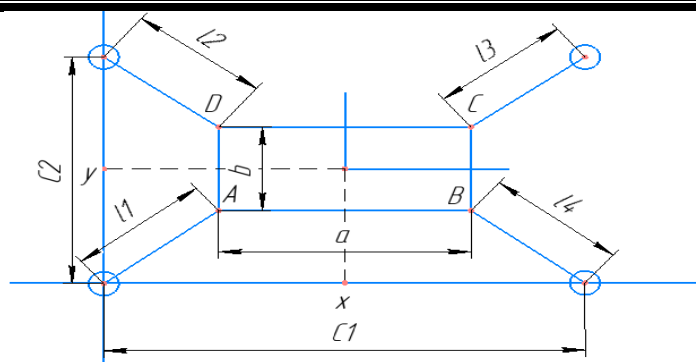


Рис. 5. Чертеж модельной системы с гибкими связями (вид сверху)

**Заключение.** Предлагаемая авторами РСГС для логистических задач агропромышленного комплекса позволяет повысить эффективность транспортно-логистических комплексов, что приведет к сокращению сопутствующих затрат и соответствующему стоимости сельскохозяйственной продукции.

Технология гибких связей может применяться не только для логистических задач в агропромышленном комплексе, но и для логистических задач разного уровня, от склада маркетплейса и автомобильного завода до военной промышленности и тяжелых кранов в портах.

#### Список литературы:

1. «Ростовский деловой портал Город N» – URL: [https://gorodn.ru/razdel/novosti\\_kompaniy/investproekty/zamorozyat-i-sokhranyat-po-ysshe-mu-razryadu/](https://gorodn.ru/razdel/novosti_kompaniy/investproekty/zamorozyat-i-sokhranyat-po-ysshe-mu-razryadu/) (дата обращения 27.08.2024).
2. Мир робототехники и мехатроники. Механизмы перспективных робототехнических систем / В. А. Глазунов, С. В. Хейло, Москва, 2020.
3. Разработка научных основ создания манипуляционных механизмов параллельной структуры для робототехнических систем предприятий текстильной и легкой промышленности / С. В. Хейло, 2014 – 292 с.
4. Новые механизмы в современной робототехнике. / В. А. Глазунов, 2018. – 316 с.

#### Информация об авторах:

Савранский Кирилл Александрович, студент гр. УНЭ32, ДГТУ, 344003, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, д. 1, k.savranskiy@mail.ru

Тринц Дмитрий Викторович, старший преподаватель, ДГТУ, 344003, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, д. 1, dtrinc@donstu.ru

Филимонов Максим Николаевич, кандидат технических наук, ДГТУ, 344003, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, д. 1, mfilimonov@donstu.ru