

УДК 656.073

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕВОЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ****Михайлов Е.В., Дебижа Е.Л.****IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES IN THE TRANSPORTATION OF BULK CARGO****Mikhailov E., Debija E.**

*В статье рассмотрены вопросы использования мягких контейнеров в транспортно-технологических схемах поставки сыпучих грузов. Определены подходы к рациональному выбору параметров мягких контейнеров при транспортировании сыпучих грузов в соответствии с транспортными характеристиками перевозимых грузов при соблюдении заданных технологических ограничений. Использование таких технологий позволит повысить эффективность перевозок за счет более полного использования грузоподъемности и грузовместимости транспортных средств*

**Ключевые слова:** мягкий контейнер, сыпучий груз, перевозка, вагон, погрузка, выгрузка, типоразмер, параметры, оптимизация.

**Введение.** В мировой практике постоянно возрастают объемы перевозок насыпных и навалочных грузов. Вместе с тем повышаются и требования к технической и экологической безопасности перевозок, сохранности груза, удобству принятой схемы транспортировки для потребителя. Кроме того, при перевозке железнодорожным транспортом время от времени возникает проблема недостатка специализированного подвижного состава и транспортного оборудования, которые используются для этих перевозок. Все это стимулирует транспортные организации разрабатывать и внедрять новые, эффективные технологии погрузки, перевозки и перевалки сыпучих грузов [1, 2, 3].

С учетом перспектив роста общих объемов грузоперевозок, в том числе сыпучих грузов, нужно создавать и развивать перспективные технологии перевозок, которые могут более полно удовлетворить нужды всех участников транспортного процесса. Одной из технологий, которые позволяют оптимизировать логистические затраты при проведении погрузочно-разгрузочных работ, перевозке, перевалке и временном хранении сыпучих грузов, является организация транспортировки таких грузов в мягких контейнерах (биг-бегах, МК) [1, 4].

Мягкий контейнер (далее - МК) фактически является большим мешком, который имеет стропы или петли и зацепы для подъема, и тело мешковидного типа для хранения и перевозки груза. Грузоподъемность МК варьируется обычно от 500 кг до 2000 кг. (Существуют исключения, например, крупнотоннажный мягкий контейнер МК-14-10 грузоподъемностью до 14 т). Чаще всего МК изготавливается из полипропилена и имеет цилиндрическую или параллелепипедную форму. Длина одной стороны контейнера может составлять от 500 мм до 1200 мм, а возможный объем - до 3 куб.м. Высота МК может достигать 250 см, при минимальной 80 см.

Мягкие полимерные контейнеры по параметрам, которые определяют их срок использования, имеют следующие разновидности:

- МК одноразовые - используются в обороте только один раз и затем идут на утилизацию и, соответственно, в переработку,

- МК циклические - которые могут использоваться в нескольких циклах их загрузки/разгрузки,

- МК многооборотные - контейнеры, которые используются в цепочках загрузки/разгрузки в течение продолжительного времени, указанного в характеристиках этого контейнера.

Частота употребления МК в циклическом обращении зависит от параметров, которые отвечают за его запас прочности. По условиям стандартизации одноразовые МК имеют запас прочности 5:1, циклические МК - имеют запас прочности 6:1 (могут использоваться несколько раз) и многооборотные контейнеры - имеют запас прочности 8:1. Разрешено применять МК для хранения в них продукции с построением штабеля с уровнями расположения их один на одном до 7 ярусов.

**Постановка проблемы.** В мягком контейнере можно перевозить различные грузы: технический углерод, цемент, полимеры, крахмал, зерно, сахар, солод, мучные, рудные и сыпучие грузы, окатыши ферросплавов, торф, серу, серный колчедан, минеральные удобрения и много что другое [4].

Анализ имеющейся информации относительно технологий использования мягких контейнеров при перевозке сыпучих грузов позволяет выделить следующие преимущества этих технологий перед традиционными:

- отсутствие потребности в дефицитном специализированном подвижном составе;
- отсутствие физических потерь перевозимых грузов;
- сохранение качества и чистоты перевозимых грузов;
- защита подвижного состава и окружающей среды от отрицательного влияния перевозимых грузов;
- отсутствие необходимости очистки грузового помещения подвижного состава после перевозки сыпучего груза;
- простые механизмы, используемые в технологическом процессе погрузки - выгрузки МК;
- возможность временного хранения грузов при перевалке на открытых портовых площадках, что позволяет экономить оборотные средства на постройку складских помещений;
- повышение качества условий работы персонала, в том числе и с точки зрения санитарно - гигиенических условий.

С учетом этих существенных преимуществ в последнее время распространяются железнодорожные перевозки сыпучих грузов с использованием МК.

В технических условиях (ТУ) погрузки и крепления грузов на открытом подвижном составе [5] приведены рекомендованные схемы погрузки мягких контейнеров в полувагонах только для нескольких их типоразмеров, которые имеют в сечении форму круга. Однако, анализ научно-технической информации и данных интернета свидетельствует, что для перевозок сыпучих грузов в настоящее время используется более двадцати типоразмеров МК.

С учетом современных возможностей и существующих технологий изготовления МК, возможно их производство практически любой формы с довольно широким спектром основных параметров (ширина, высота, прочность, грузоподъемность). При этом представляется перспективным использование МК, которые имеют в поперечном сечении форму квадрата, что позволяет наиболее полно использовать полезную площадь пола вагона.

При планировании перевозок и выборе параметров нужного МК следует учитывать транспортные характеристики сыпучих грузов. Например, от насыпной массы груза существенно зависит полнота использования грузоподъемности и вместимости вагонов при тех или иных параметрах мягкого контейнера.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работах [1-4] и др. рассмотрены вопросы технологии перевозки грузов мягких контейнерах. Однако, в технических условиях (ТУ) погрузки и

крепления грузов на открытом подвижном составе [5] приводятся рекомендованные схемы погрузки мягких контейнеров в полувагоны только для нескольких их типоразмеров. С учетом технологических возможностей изготовления МК практически любых типоразмеров, вопрос о выборе рациональных параметров мягких контейнеров остается открытым.

**Цель статьи.** В работе обоснован подход к совершенствованию технологий перевозки сыпучих грузов в мягких контейнерах за счет рационального выбора параметров контейнеров в соответствии с транспортными характеристиками перевозимого груза.

**Результаты исследований.** Рассмотрим вопрос выбора рациональных параметров МК, которые имеют в поперечном сечении форму квадрата, соответственно величине насыпной массы перевозимого груза. При этом должны выполняться несколько условий:

- количество используемых мягких контейнеров  $K$  должно быть минимальным:  $K \rightarrow K_{\min}$ ,

- загрузка вагона  $G_B$  должна быть максимально полной (конечно не превышая трафаретной его грузоподъемности  $G_B^{\max}$ ):  $G_B \rightarrow G_B^{\max}$ .

- гарантированное технологическое обеспечение прочности МК при нужной его грузоподъемности.

Будем рассматривать в качестве характеристики  $ij$ -го типоразмера мягкого контейнера, имеющего в поперечном сечении форму квадрата, объединение двух его основных параметров – ширины  $b_i$  и высоты  $h_j$ .

Количество контейнеров  $ij$ -го типоразмера  $K_{ij}$ , которое может быть размещено в полувагоне, может быть определено следующим образом

$$K_{ij} = N_i \cdot M_i \cdot Z_{ij},$$

где  $N_i$  - число контейнеров  $ij$ -го типоразмера, которые могут быть загружены по ширине полувагона;

$M_i$  - число контейнеров  $ij$ -го типоразмера, которые могут быть загружены по длине полувагона;

$Z_{ij}$  - число ярусов погрузки контейнеров  $ij$ -го типоразмера в полувагоне.

Рабочий объем одного контейнера  $ij$ -го типоразмера составит

$$V_{ij} = b_i^2 \cdot h_j.$$

При известных внутренних размерах кузова полувагона ( $B$  - ширина,  $L$  - длина,  $H$  - высота) можно записать

$$N_i = \langle B / b_i \rangle,$$

$$M_i = \langle L / b_i \rangle.$$

Знаком  $\langle \dots \rangle$  здесь обозначаем целую часть от результата деления соответствующего выражения с округлением в меньшую сторону.

Загрузка вагона сыпучим грузом с насыпной массой  $\gamma_k$  с использованием  $K_{ij}$  мягких контейнеров составит

$$G_{ijk} = K_{ij} \cdot V_{ij} \cdot \gamma_k = N_i \cdot M_i \cdot Z_{ij} \cdot b_i^2 \cdot h_j \cdot \gamma_k$$

Для примера на рис. показанные некоторые результаты расчетов зависимости  $G_{ijk} = f(b_i, h_j, \gamma_k)$  при различных параметрах МК. В расчетах принято: вагон - цельнометаллический полувагон модели 12-295 грузоподъемностью 71 т с внутренними размерами кузова  $B=2,89$  м,  $L=12,69$  м,  $H=2,05$  м; насыпная масса груза  $\gamma_k = 1$  т/м<sup>3</sup>; погрузка контейнеров – в один ярус.

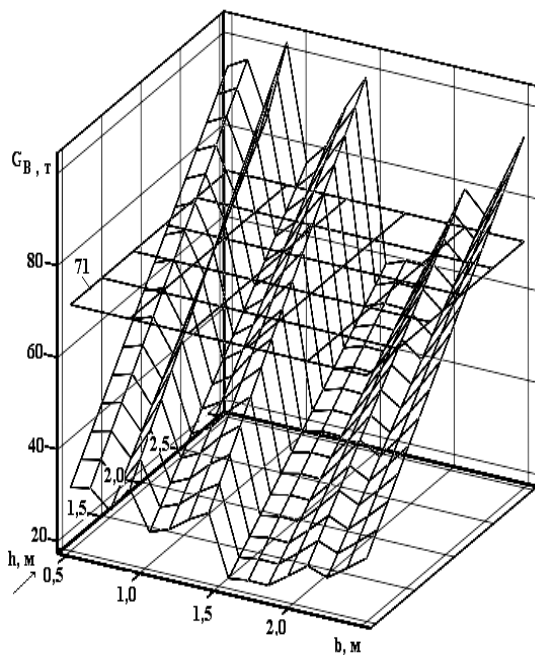


Рис. График зависимости  $G_{ijk} = f(b_i, h_j)$  при  $\gamma_k = 1$  т/м<sup>3</sup> и погрузке контейнеров в вагоне в один ярус

Анализируя график указанной зависимости можно подобрать рациональное соотношение параметров мягких контейнеров (ширины  $b_i$  и высоты  $h_j$ ) при котором достигается максимальное использование грузоподъемности вагона для заданного значения насыпной массы  $\gamma_k$  перевозимого груза.

В общем случае, для выбора рациональных параметров МК нужно решать оптимизационную задачу следующего вида

$$G_{ijk} = f(N_i, M_i, Z_{ij}, b_i^2, h_j, \gamma_k) \rightarrow G_B^{\max}.$$

Решение этой задачи возможно проводить с использованием известных математических методов с учетом следующих ограничений

$$\begin{aligned} K_{ij} &\rightarrow K_{\min}, \\ b_i^{\min} &\leq b_i \leq b_i^{\max}, \\ h_j^{\min} &\leq h_j \leq h_j^{\max}. \end{aligned}$$

При варьировании значениями параметра  $b_i$  в рамках ограничений следует учитывать внутренние геометрические размеры кузова полувагона и технологические возможности изготовления МК.

Следует также учесть, что при выборе рационального значения параметра  $h_j$  и числа  $Z_{ij}$  ярусов погрузки МК в полувагон нужно соблюдать требования ТУ [5], которые запрещают, чтобы контейнеры верхнего яруса при их погрузке в полувагон выступали над его бортом больше, чем на 1/3 их высоты (и вообще не более 400 мм).

При этом принимаем, что прочность мягких контейнеров обеспечивается технологически для любой их грузоподъемности в заданном диапазоне избранных параметров.

Решение этой задачи позволит подобрать рациональные параметры  $b_i$  и  $h_j$  для мягких контейнеров соответственно заданной величине насыпной массы  $\gamma_k$  перевозимого груза.

**Вывод.** Таким образом, рациональный выбор параметров мягких контейнеров в соответствии с транспортными характеристиками перевозимого груза позволит сократить затраты на контейнеризацию перевозок сыпучих грузов при получении всех известных преимуществ контейнерных перевозок.

#### Л и т е р а т у р а

1. Третьяков Г.М., Горюшинский В.С., Ковтунов А.В. и др. Контейнерно-транспортные системы для насыпных грузов: Учебн. пособие для вузов же.-д. транспорта / Под ред. Г.М. Третьякова. - Г.: Маршрут, 2003. - 323 с.
2. Транспортные средства для доставки сыпучих грузов: Учебн. Пособие для вузов ж.-д. транспорта / Г.М. Третьяков, В.С. Горюшинский, А.В. Ковтунов и др. Под общ. ред. Э.П. Дудкина. - Г.: Маршрут, 2004. - 296 с.
3. Прудникова В.П. Контейнер как средство перевозки грузов.- Владивосток, 2009.-29с.
4. Гагарский Э.А., Кириченко С.А., Трихунков М.Ф. Тенденции развития контейнерных транспортно-технологических систем на современном этапе. // Бюллетень транспортной информации. 2011. № 2. С. 3–7.

5. Технические условия погрузки и крепления грузов.- М.: Транспорт, 1990.- 489с.

#### References

1. Tret'yakov G.M., Goryushinskij V.S., Kovtunov A.V. i dr. Kontejnerno-transportnye sistemy dlya nasypnyh грузов: Uchebn. posobie dlya vuzov zhe.-d. transporta / Pod red. G.M. Tret'yakova. - G.: Marshrut, 2003. - 323 s.
2. Transportnye sredstva dlya dostavki sypuchih грузов: Uchebn. Posobie dlya vuzov zh.-d. transporta / G.M. Tret'yakov, V.S. Goryushinskij, A.V. Kovtunov i dr. Pod obshch. red. E.H.P. Dudkina. - G.: Marshrut, 2004. - 296 s.
3. Prudnikova V.P. Kontejner kak sredstvo perevozki грузов.- Vladivostok, 2009.-29s.
4. Gagarskij E.H.A., Kirichenko S.A., Trihunkov M.F. Tendencii razvitiya kontejnernih transportno-tekhnologicheskikh sistem na sovremennom ehtape. // Byul-leten' transportnoj informacii. 2011. № 2. S. 3-7.
5. Tekhnicheskie usloviya pogruzki i krepleniya грузов.-М.: Transport, 1990.- 489s.

#### Михайлов Є.В., Дебіжа Є.Л. Удосконалювання технологій перевезення сипучих вантажів.

*У статті розглянуті питання використання м'яких контейнерів у транспортно-технологічних схемах поставки сипучих вантажів. Визначено підходи до раціонального вибору параметрів м'яких контейнерів при транспортуванні сипучих вантажів відповідно до транспортних характеристик вантажів що перевозяться при дотриманні заданих технологічних обмежень. Використання таких технологій дозволить підвищити ефективність*

*перевезень за рахунок більш повного використання вантажопідйомності та вантажомісткості транспортних засобів*

**Ключові слова:** м'який контейнер, сипучий вантаж, перевезення, вагон, навантаження, вивантаження, типорозмір, параметри, оптимізація.

#### Mikhailov, E.V., Debija E.L. Improvement of technologies in the transportation of bulk cargo.

*The article describes the use of flexible containers in the transport and technological schemes of delivery of bulk cargo. Defined approaches to the rational choice of the parameters of the flexible containers for transportation of bulk cargoes in accordance with the transport characteristics of the goods transported while respecting the given technological constraints. The use of such technologies will improve the efficiency of transport through better utilization of capacity and cargo capacity of vehicles.*

**Keywords:** soft container, bulk cargo, transportation, carriage, loading, unloading, size, options, optimization.

**Михайлов Є.В.** – к.т.н., доцент кафедри «Логістичне управління й безпека руху на транспорті» СНУ ім.В.Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: evgmi@yandex.ru.

**Дебіжа Є.Л.** - студент кафедри «Логістичне управління й безпека руху на транспорті» СНУ ім.В.Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б..

Стаття подана 20.03.2015