Список використаних джерел

1. Макаренко М.В. Краткий справочник показателей эксплуатационной работы железных дорог Украины. – К.: «Юникон-Пресс», 2001. – 154 с.
2. Лаврухін О.В., Доценко Ю.В. Розробка математичної моделі динамічного аналізу елементів обігу вантажного вагону // Зб.наук.праць / ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2008. – Вип.14. – с.18 - 26.
3. http://matlab.exponenta.ru/index.php

УДК 656.212

Огар О.М., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)
Похилко С.П., к.т.н., доцент (ДонІЗТ)
Раєв Є.В. , начальник відділу під'їзних колій (Донецька залізниця)

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ РОЗМІЩЕННЯ І РОЗРАХУНКУ КРІПЛЕННЯ ВАНТАЖІВ НА РУХОМОМУ СКЛАДІ

Вступ. В сучасних умовах стають все більш актуальними питання використання найновіших розробок САПР у проектуванні і виробництві, у тому числі і на залізничному транспорті. Причиною тому є необхідність отримання більш якісних моделей споруд, приладів та засобів транспорту шляхом оптимізації конструктивних параметрів окремих їх модулів. Точність побудови, швидкість та вартість розробки моделей є важливими факторами при вирішенні проектних задач залізничного транспорту. Новим напрямком застосування автоматизованих програм є напрямок розрахунку кріплення вантажів складних форм, значних розмірів та великої ваги.

Постановка проблеми. В існуючих методах розрахунку кріплення великотоннажних вантажів не стандартних за конфігурацією виникає проблема точності розрахунку загального центру мас та взаємного розташування вантажів у вагоні. В сучасних умовах рішення даної задачі може виконуватися тільки за допомогою автоматизованих прикладних програм.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним з основних критеріїв якісної роботи залізничного транспорту є швидкість доставки вантажів із забезпеченням схоронності та безпеки їх перевезень, що досягається шляхом кріплення вказаних вантажів згідно з вимогами [1].

Правилами та нормами кріплення вантажів займались та продовжують займатися вчені таких провідних установ, як Всеросійський науково-дослідний інститут залізничного транспорту Міністерства шляхів сполучення Росії, Московський та Петербурзький державні університети шляхів сполучення, Новосибірський та Всеросійський науково-дослідний інститути залізничного транспорту, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту, а також кафедра "Управління вантажною та комерційною роботою" Української державної академії залізничного транспорту. Питанням їх удосконалення присвячені праці В.К. Бешкета, С.О. Єгорова, Г.П. Єфімова, Г.П. Курочкіна, В.А. Лазаряна, А.Д. Малова, А.В. Островського, А.О. Полякова, Є.Д. Псеровської, А.М. Котенка, Д.І. Мкртичьян та ін. [2-4].

У напрямку застосування автоматизованих програм для розрахунку кріплення вантажів пішли вчені Петербурзького державного університету шляхів сполучення, якими розроблено відповідну програму «Крепление 2». Дана програма забезпечує виконання розрахунків з автоматичним контролем дотримання всіх нормативів на розміщення та кріплення вантажів у вагоні, оцінку габаритності навантаження вантажу у вагоні, автоматизоване оформлення пояснювальної записки з розрахунками, напівавтоматизовану розробку та оформлення технічних вимог і специфікацій до креслення, розробку та оформлення креслення навантаження методом аплікацій на базі убудованого графічного редактора, архівацію розрахунків і інших матеріалів.

Формулювання мети (постановка завдання). Метою даної роботи є підвищення точності розрахунку кріплення великотоннажних вантажів на відкритому рухомому складі шляхом застосування автоматизованого способу розрахунку.

Основний матеріал дослідження. При перевезенні великотоннажних нестандартних за формою вантажів основною проблемою є визначення центру маси вантажу та сил, які діють на нього.

Дана задача ускладнюється, якщо таких вантажів кілька та їх потрібно розташувати на одному вагоні з забезпеченням «Технических условий погрузки и крепления». Висота загального центру ваги вагона з вантажем визначається за формулою [5]:

$$H^0_{цт} = \frac{Q_{гр1}h_{цт1} + Q_{гр2}h_{цт2} + ... + Q_{грn}h_{цтn} + Q_m H^в_{цт}}{Q^0_{гр} + Q_m}, \quad (1)$$

де Q_m - маса тари вагона, т;

$Q^0_{гр}$ - загальна маса вантажу у вагоні, т;

$Q_{гр1}, Q_{гр2}, Q_{грn}$ - маса одиниці вантажу, т;

$h_{цт1}, h_{цт2}, h_{цтn}$ - висота центу ваги одиниці вантажу над рівнем головки рейки, мм;

$H^в_{цт}$ - висота центу ваги порожнього вагону над рівнем головки рейки, мм.

Для вирішення даної задачі може використовуватися програма великотоннажних, яка розроблена російською компанією АСКОН. Даний програмний продукт широко використовується як у промисловості, так і в учбовому процесі навчальних закладів.

Дана програма дозволяє моделювати вироби, пристрої за допомогою трьохмірної графіки.

При проектуванні моделей вантажів у програмі КОМПАС 3D LT 11 можна вирішити наступні задачі:

- визначити масу вантажу;
- визначити масо-центрувальні характеристики моделей.

В базі бібліотек програми є розширений списик матеріалів, з яких моделюється виріб (рисунок 1).

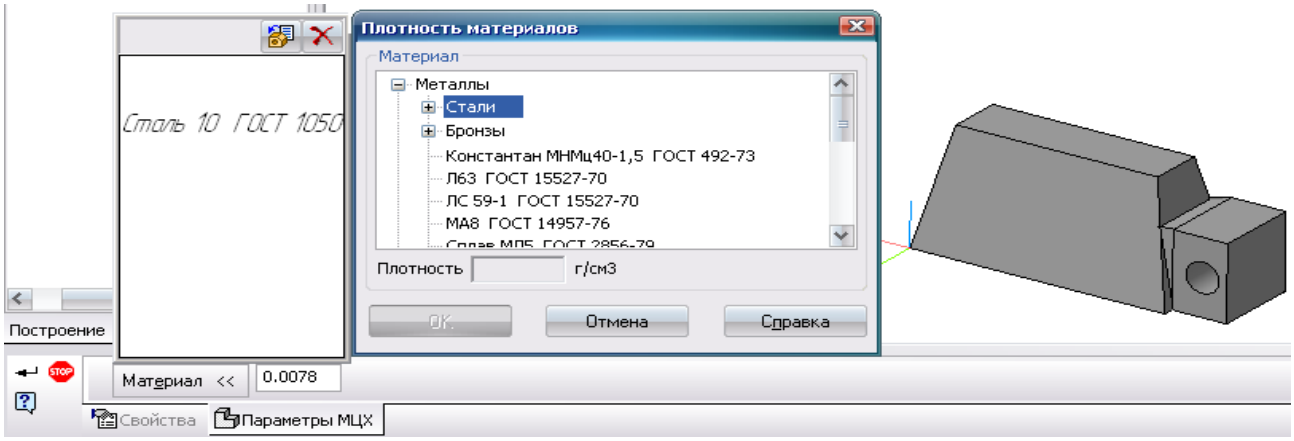

Рисунок 1 – Вибір виду матеріалу при проектуванні моделі

На першому етапі моделюється кузов вагона з основними пристроями для кріплення вантажів (рисунок 2).

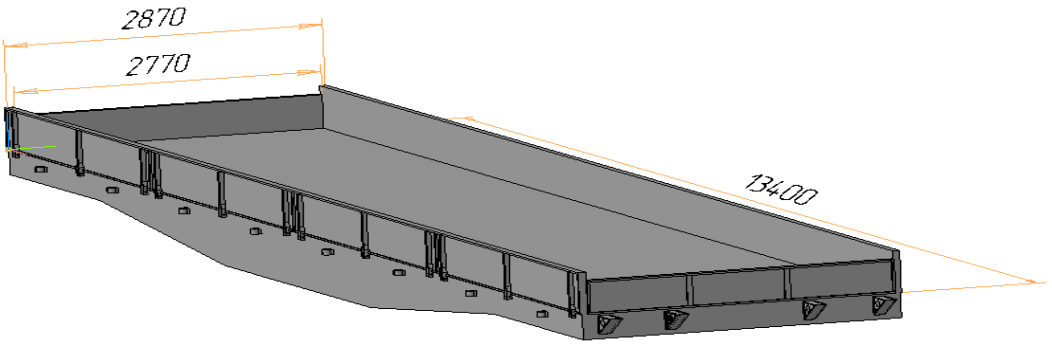

Рисунок 2 – Модель кузова 4-вісної платформи 13-401

На наступному етапі виконується моделювання вантажу по розмірам у масштабі 1:1 з указанням матеріалу з якого виготовлений. Креслення моделі рекомендується виконувати з центру системи координат, що полегшує визначати відстані від центру ваги до сторін вантажу. За допомогою команди «МЦХ моделі» визначаються: маса, об'єм та центр мас моделі (рисунок 3).

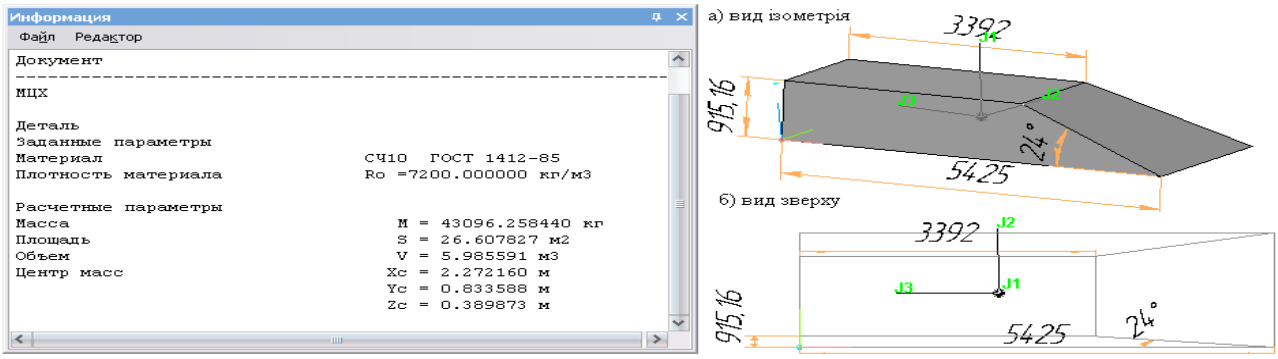

Рисунок 3 - Визначення масо-центрувальних характеристик моделі

Для даної моделі висота загального центру ваги вагона (ПЛ 13-401) з вантажем (рисунок 3) дорівнює:

$$H^{0}_{цт} = \frac{43{,}096 \cdot (0{,}39 + 1{,}31) + 20{,}92 \cdot 0{,}8}{43{,}096 + 20{,}92} = 1{,}41 \text{ м.}$$

Значення координат (Xc;Yc) використовуються для розрахунку положення загального центру ваги ($ЦТ^0_{гр}$) в поздовжньому та поперечному напрямку [2].

$$l_{см} = L/2 - \frac{Q_{гр1}l_1 + Q_{гр2}l_2 + ... + Q_{грn}l_n}{Q^0_{гр}}, \quad (2)$$

$$b_{см} = B/2 - \frac{Q_{гр1}b_1 + Q_{гр2}b_2 + ... + Q_{грn}b_n}{Q^0_{гр}}, \quad (3)$$

де L , B - відповідно довжина та ширина кузова вагона, мм;

$l_1, l_2, ..., l_n$ - відстані центрів ваги одиниць вантажу від торцевого борта кузова вагона, мм;

$b_1, b_2, ..., b_n$ - відстані центрів ваги одиниць вантажу від бокового борта кузова вагона, мм (рисунок 4).

Якщо на рухомому складі потрібно розташувати декілька великотоннажних вантажів виникає проблема визначення взаємного розташування та загального центру ваги. Особливі вимоги навантаження важковагових вантажів з загальною масою понад 67 т для яких зміщення загального центру ваги відповідно в поздовжньому напрямку складає не більше 200 мм, а в поперечному – 70 мм.

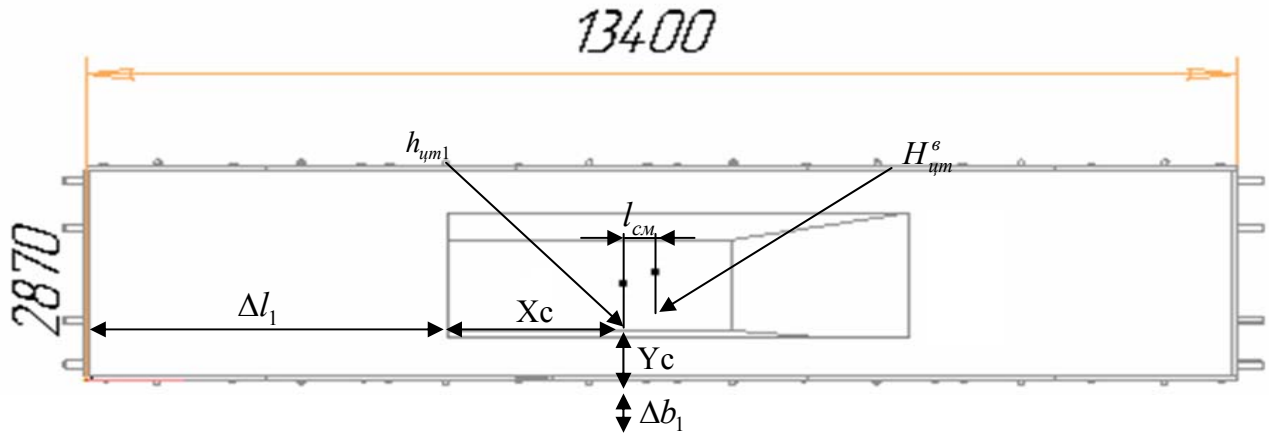

Рисунок 4 – Схема визначення зміщення центру ваги вантажу відносно центру ваги вагона

Навантаження вважається оптимальним, якщо $l_{см} \to 0$, $b_{см} \to 0$.

Якщо прийняти $l_{см} = 0$, $b_{см} = 0$, тоді:

$$L/2=\frac{Q_{гр1}l_1+Q_{гр2}l_1+\ldots+Q_{грn}l_n}{Q^0_{гр}} \qquad L/2=\frac{Q_{гр1}l_1}{Q^0_{гр}}+\frac{Q_{гр2}l_2}{Q^0_{гр}}+\ldots+\frac{Q_{грn}l_n}{Q^0_{гр}} \rightarrow$$
$$B/2=\frac{Q_{гр1}b_1+Q_{гр2}b_1+\ldots+Q_{грn}b_n}{Q^0_{гр}} \rightarrow \qquad B/2=\frac{Q_{гр1}b_1}{Q^0_{гр}}+\frac{Q_{гр2}b_2}{Q^0_{гр}}+\ldots+\frac{Q_{грn}b_n}{Q^0_{гр}}$$

$$L/2=k_1l_1+k_2l_2+\ldots+k_nl_n$$
$$B/2=k_1b_1+k_2b_2+\ldots+k_nb_n \rightarrow$$

$$L/2=k_1(\Delta l_1+Xc_1)+k_2(\Delta l_2+Xc_2)+\ldots+k_n(\Delta l_n+Xc_n)$$
$$B/2=k_1(\Delta b_1+Yc_1)+k_2(\Delta b_2+Yc_2)+\ldots+k_n(\Delta b_n+Yc_n)$$

При цьому

$$\begin{cases} k_1+k_2+\ldots+k_n=1 \\ \Delta l_1 \prec \Delta l_2 \prec \ldots \prec \Delta l_n \\ \Delta b_1 \prec \Delta b_2 \prec \ldots \prec \Delta b_n \end{cases}$$

За допомогою програми КОМПАС-3D LT 11 можна визначити загальний центр ваги шляхом з'єднання вантажів не значним за вагою елементом (рисунок 5). За рахунок зміни значення $l_в$ обирається оптимальний варіант розташування загального центру ваги вантажу відносно центру вагона, а також визначаються відстані $(\Delta l_1, \Delta l_2, \ldots \Delta l_n)$ до бортів кузова вагона.

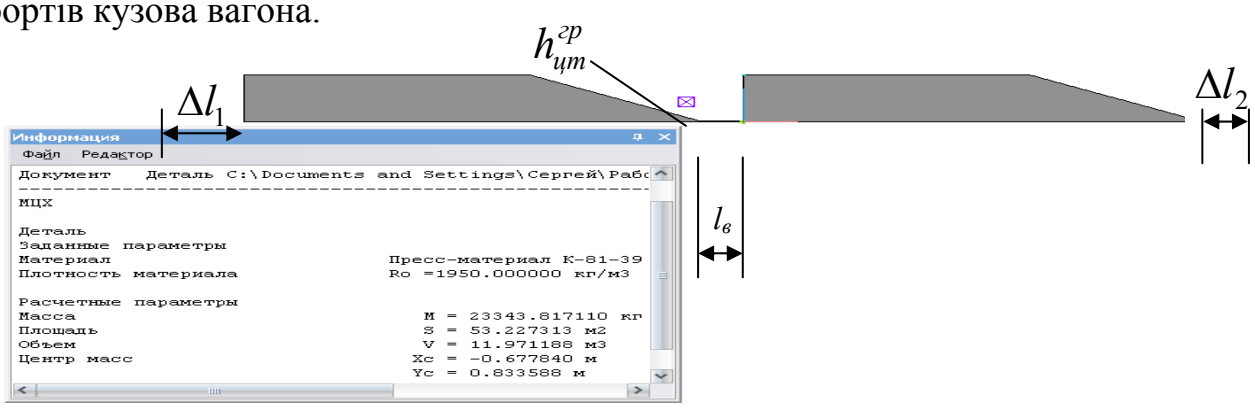

Рисунок 5 – Схема визначення загального центру ваги та оптимальної відстані між вантажами

Висновки. На основі отриманих результатів визначаються: розміщення та кріплення вантажів; висота загального центра ваги вагона з вантажем; навантаження, що доводиться на кожний візок вагону; висота центру ваги вантажу над підлогою вагона або площиною підкладок. Точність розрахунків дозволяє підвищити безпеку руху поїздів, схоронність вантажу та вагона, а також надійність кріплення вантажів.

У подальших дослідженнях за допомогою програми КОМПАС-3D LT 11 пропонується визначати: оптимальну кількість розтяжок та інших засобів, необхідних для кріплення; найкоротші відстані від проекції центру ваги вантажу на горизонтальну площину до ребра перекидання відповідно уздовж і поперек вагона; поздовжні та поперечні горизонтальні інерційні сили, що виникають при русі вагона та при вписуванні його в криві і перехідні дільниці колії; вертикальні інерційні сили; вітрове навантаження; сили тертя.

Список літератури

1. Технические условия погрузки и крепления грузов. – М: Транспорт, 1988. – 408 с.

2. Котенко А.М., Поляков А.О., Мкртичьян *Д.І.* Основні напрямки удосконалення технічних умов навантаження та кріплення вантажів // Зб. наук. праць. – ХарДАЗТ. - 2001. – Вип. 47 – С. 40-47.

3. Котенко А.М., Поляков А.О., Мкртичьян *Д.І.* Повышение уровня безопасности и сохранности перевозимых грузов//Залізн. трансп. України. – 2002.–№2 С. 31-34.

4. Мкртичьян Д.І. Удосконалення технічних умов навантаження та кріплення штабельних вантажів на відкритому рухомому складі: Автореф. дис…к.техн.наук: 12.05.03 / УкрДАЗТ, Харків, 2003. – 21 с.

5. Збірник №17 Правил перевезень і тарифів залізничного транспорту України. - К.: Міністерство транспорту та зв'язку України, 2005. – 176 с.