Братцев Дмитро Олегович ст.гр. АА-41-16

dima.bratsev210199@gmail.com

ДИНАМІЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЦИСТЕРНИ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ

При транспортуванні частково залитого бака, за рахунок порівнянності маси порожнього бака з масою рідини, що транспортується, динамічні якості транспортного засобу, що перевозять рідину змінюються, так що вони суттєво відрізняються від динамічних характеристик інших транспортних засобів [1]. Завдяки великим рухам вантажного центру, додаткові вантажі з'являються в резервуарі, що діють на конструкцію бака, а також значно знижують її стабільність і керованість.

Світова практика демонструє високий відсоток аварій у перевезенні небезпечних вантажів автомобілями. Рівень загрози людям і навколишньому середовищу зростає в 12 разів порівняно з іншими видами транспорту. Це вимагає досліджень для підвищення безпеки цистерн [2].

Одна з перших поздовжніх динаміка цистерн була вивчена В.Л.Кулаковським [3]. Ідея руху флюїдної хвилі в резервуарі дозволила йому отримати приблизні вирази для гальмівного шляху танкера і горизонтальне зміщення центру рідкої маси. Аналіз цистерн при гальмування за допомогою моделі, що свідчить про те, що вільна поверхня рідини залишається рівною для тривалості пересування, що міститься в 8, 10. Результати досліджень, описаних у цих документах, узгоджуються з експериментальними даними, які представлені у статті.

Найбільш повно враховує властивості рідкої моделі твердого середовища, рух яких підлягає рівняннях, судноплавних-Стокса і нероздільності. Складність вирішення цих рівнянь викликала той факт, що тільки нещодавно там були роботи, в яких було здійснено Чисельне моделювання руху рідин в цистернах транспортних засобів.

Таким чином, описується остаточний елементарний розрахунок частот власної осферної мембрани сферичних мембрани з рідиною. За допомогою

кінцевих елементів досліджено розподіл тиску на цистерний корпус, з прикріпленими масою рідини, що додається до системи масового матриці. В ході досліджень, проведених в Белгут, була розроблена Остаточна елементарна модель залізничної цистерни, що перевозить рідину, яка встановила особливості розподілу рідкого тиску на корпусі котла, коли вона була сповільнена [4].

Рівняння Нав'є-Стокса для нестисливої рідини використовувалися в статті для імітації динаміки цистерни при ударі шорсткості. Однак у цьому дослідженні, тверде рух був інтегрований в програму, яка моделюється руху рідини, що зробило його дуже важко вирішити цю проблему. Поєднання видимого розумне методу розв'язування рівнянь Нав'є-Стокса з методом частинок для визначення положення вільної поверхні, запропонованої в роботі, також вимагало дуже високих обчислювальних витрат.

У статті Rumold [7], цистерна представлена у вигляді двох підсистем: суцільна система з трьома ступенями свободи, яка імітує автомобіль, і рідини. На кожному кроці обчислення за часом змінні обмінюються між двома підмоделями. Модель рідинного коливання визначає головний вектор і основну точку його тиску на ємність, а вхідна інформація для цієї моделі - це положення, швидкість і прискорення бака.

Аналіз показав, що вплив властивостей пружинного підвіски на поздовжню динаміку цистерни з транспортабельної рідиною досі не досліджено.

Метою роботи є встановлення впливу відносного руху транспортується рідких вантажів на завантаження конструкції цистерни. Для її досягнення розробляється математична модель резервуара, частково заповнена рідиною, а також розрахунки сил, що діють на будову та визначення кінематичних параметрів руху при гальмуванні.

Розглянемо бак для автомобіля в якості системи, яка включає тверді речовини і рідини. Метод кінцевих елементів використовується для опису руху рідини. Рух тіла і коліс описується диференціальними рівняннями

другого порядку на основі закону Ньютона. Стінки бака можна вважати недеформуються, так як їх рухи значно менше в порівнянні з рухами всього тіла. Схема розрахунку (рис. 1) та динамічні рівняння використовують наступні позначення: $м0$, $м1$, $м2$ -маса тіла, передні і задні мости відповідно; $I0$, $i1$, $i2$ -моменти інерції тих же об'єктів відносно осей, що проходять через їх центри масового; $x0$, $z0$ -координати центру маси тіла; 0,1,2-кути тіла, передні і задні колеса; $F1x$, $f1z$, $f2x$, $f2z$ -горизонтальні і вертикальні компоненти сил взаємодії тіла з колесами; $M1$, $м2$ -моменти, які відбуваються на гальмівних колодці при гальмуванні; Rx, Rz, $M0$ -проекція головного вектора і основний момент сили рідкого тиску при залученні до центру рідини маси в статичному стані; $G0$, $g1$, $g2$ -гравітація системи організму; $N1$, $n2$ -сили, що діють на шинах з боку дороги; $FTP1$, $fTR2$ -поздовжніми силами тертя, що виникають між шиною і дорогою; 1, *2*- твердість пропорцій передніх і задніх пружин; H -відмінність вертикальних координат осередків маси тіла і коліс в положенні рівноваги; r -радіус колеса; f -коефіцієнт тертя зчеплення; hi -зображений на рис. 1 плечі сил по відношенню до центру маси тіла [5].

Рух тіла автомобіля підлягає наступним залежностям:

$$m0`x`0 = Rx - F1x - f2x\ ;$$

$$m0`\ z`0 = F1z + F2zz - Rz - G0;$$

$$I0ф0 = M1 - F1zh1z + F1zz1x + M\ 2 + F2zh2z + F2xh2xx + M\ 0 + Rxh0x - Rzh0z$$

Рівняння руху передньої осі мають вигляд

$$m1\ x0 = F1x - Ftp2;$$

$$N1 - F1z - G1 = 0;$$

$$I1ф1 = Ftp1r - M1;$$

Розгляд руху задньої вісі дає

$$m2x0 = F2x - Ftp2;$$

$$N2 - F2z - G2 = 0;$$

$$I2ф2 = Ftp2r - M2$$

Сили, які відбуваються в підвісі автомобіля визначаються формулами

$$F1z = c1(z0 - h - h1z\varphi 0 - r)\ ;$$

$$F2z = c2\ (z0 - H + H2z\varphi 0 - r).$$

У математичній моделі прийнято вважати, що значення сил тертя між шиною і дорогою не можуть перевищувати коефіцієнт тертя до нормального реагування:

$$Ftp1 \leq fN1;\ Ftp2 \leq fN2.$$

У числових обчисленнях ті самі значення, що використовувалися в роботі, були прийняті як базові дані: *m*0=3000 kg, *m*1=200 кг, *м*2=300 кг, *I*1=30 кг2, *Я*2=45 kg2, *h*1Z,=*0,*5m, *h*2z,h=*2, h*=0,5 m, *r*q 0,4 m. передбачається, що танк формується як прямокутний паралелепіпед з шириною 1,5м і висотою 1,5м [6].

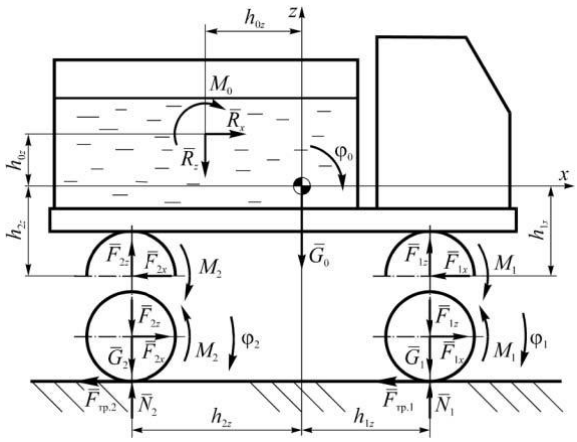

Рис. 1. Схема розрахунку бака

При чисельному моделюванні прийнято вважати, що на початку швидкість руху автомобіля становить від0 до 20 м/с, а вільна поверхня рідини буде горизонтальною. Динаміка танкера була досліджена для гальмівних точок *m*1 q *m*2 q 3, 5 і 7 knm. Результати розрахунків показали, що зміни в прискоренні автомобіля є осцилюючі, що обумовлено рухом рідини відносно бака. На рис. 2 дається залежність горизонтальної складової сили рідкого тиску на дно бака час від часу. Коли автомобільні гальма, рідкі вантажі зміщуються від задньої стінки бака до передньої стінки, що призводить до зменшення взаємодії між шинами на задній осі і дорозі. На

рис. 3 є порівняння таких сил, розраховані на рідкий і еквівалентний твердий вантаж (він відповідає тонкій лінії). Спостережуване зниження сил взаємодії може призвести до блокування задніх коліс і втрати керованості транспортного засобу, при цьому для еквівалентного твердого навантаження немає такої небезпеки [8].

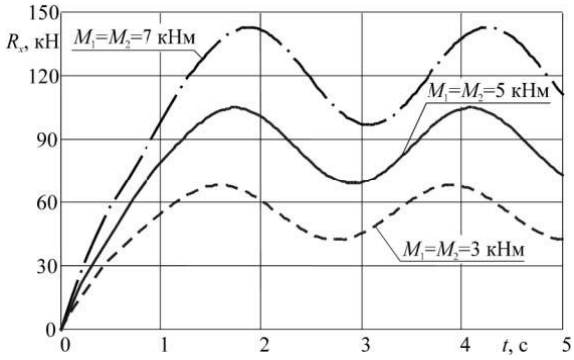

Рис. 2. Горизонтальна складова сил рідкого тиску на бак цистерни

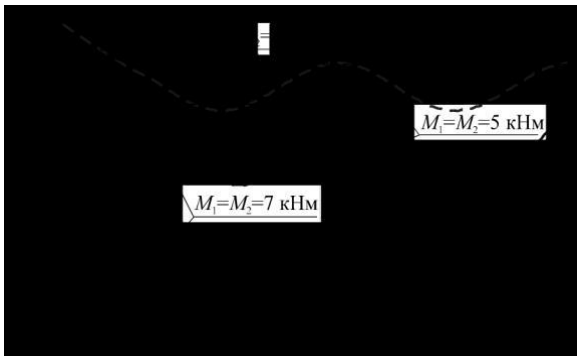

Рис. 3. Сили заднього колеса взаємодії з дорогою для рідких і твердих вантажів

Розроблена математична модель резервуара з рідиною дозволяє визначити значення сил, що діють на цистерну під час перехідних режимів його пересування. Результати розрахунків показали збільшення максимальних значень сил, що використовуються для побудови бака в транспорті рідких вантажів, порівняно з твердими вантажами тієї ж маси. Крім того, було підтверджено, що зниження сил взаємодії задніх коліс з дорогою може призвести до втрати керованості транспортного засобу.

Литература

1. Гончаров А. Н., Жариков О. В. Предупреждение чрезвычайных ситуаций при транспортировке опасных грузов // Чрезвычайные ситуации: Теория. Практика. Инновации / Сб. материалов научно-практической конференции. – Гомель: ГВКИУ, 2002. – С. 173–177.
2. Кавтырев А. В., Краснобельмов А. М. О тормозной динамике пожарных автоцистерн. // Пожарная техника и тушение пожаров / Сб. трудов. – М.: ВНИИПО, 1981. – С. 144–147.
3. Кулаковский Б. Л. Расчет безопасной скорости движения при торможении автомобильной цистерны // Механизация и электрификация сельского хозяйства / Межведомственный тематический сб. – Минск: ЦНИИМЭСХ. – 1981. – № 24. – С. 175–183.
4. Мокеев В. В., Фот Е. Я., Осолотков И. П., Боголюбский А. А. Исследование динамики автоцистерн на основе конечноэлементных моделей // Динамика и прочность конструкций. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет, 1999. – С. 56 – 60.
5. Стариков А. В. Определение динамических напряжений в корпусе буксируемой автоцистерны-полуприцепа // Материалы II Всесоюзного совещания «Динамика и прочность автомобиля». – М., 1986. – С. 204.
6. Шимановский А. О., Путято А. В. Гидродинамическая нагруженность котла железнодорожной цистерны при соударении вагонов // Материалы, технологии, инструменты, 2005.– Т. 10. – № 3. – С. 45–48.
7. Rumold W. Modeling and Simulation of Vehicles Carrying Liquid Cargo // Multibody System Dynamics, 2001.– Vol. 5. – № 4. – P. 351–374.
8. Ranganathan R., Yang Y.S. Impact of liquid load shift on the braking characteristics of partially filled tank vehicles // Vehicle system dynamics, 1996.– Vol. 26. – № 3. – P. 223–240.

Науковий консультант: Ужва А.В. доцент кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула