



Рис. 6. Основні причини ДТП

та більше, застосування низькоякісних запасних частин та технічних рідин.

Вітчизняні виробники автобусів використовують шасі автомобілів, що мають не достатній запас міцності ходової частини. Виробникам відомі причини поломок ресор, але вони не застосовують модернізованих

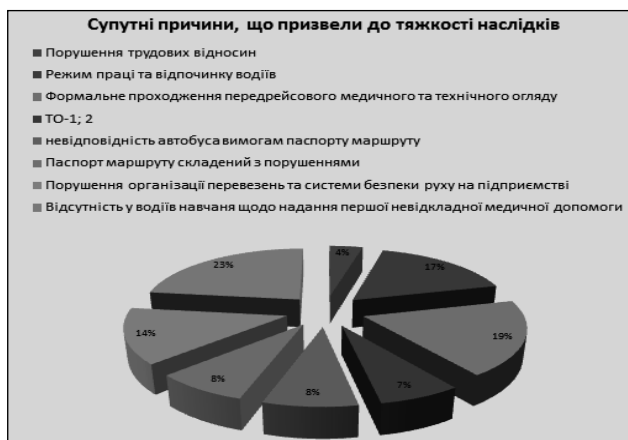


Рис. 7. Супутні причини, що призвели до тяжкості наслідків

або удосконалених елементів, що могли б усунути зазначені недоліки. Через ринкову конкуренцію виробники та перевізники прагнуть якомога більше скоротити витрати на виготовлення та експлуатацію пасажирського рухомого складу. Випадки, що викладені в статті, є, по суті, трагічною межею таких скорочень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Раймпель. Шасси автомобиля: Рулевое управление. Перевод с немецкого В. Н. Пальянова, под редакцией А. А. Гальбрейха — М.: Машиностроение, 1987. — 232 с.
2. И. Раймпель. Шасси автомобиля: Элементы подвески. Перевод с немецкого А. Л. Карпухина, под редакцией Г. Г. Гридасова — М.: Машиностроение, 1987. — 288 с.
3. Н. А. Бухарин, В. С. Прозоров, М. М. Шукин. Автомобили: Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля. Под редакцией доктора техн. наук Н. А. Бухарина — Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1973. — 504 с.
4. В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. Автомобиль. Анализ конструкции, элементы расчета. Под редакцией Е. В. Радовской — Л.: Машиностроение, г. Москва, 1989. — 304 с.

УДК 662.767

© Редзюк А. М., канд. техн. наук, директор, академік ТАУ;

© Ковальов С. О., канд. техн. наук, старший науковий співробітник (ДП «ДержавотрансНДІпроект»)

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЯК МОТОРНОГО ПАЛИВА ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

**Анотація.** Розглянуто перспективи використання зрідженого природного газу як моторного палива для транспортних засобів. Показано доцільність та переваги застосування транспортними засобами зрідженого природного газу відносно стисненого природного газу. Надані технічні характеристики деяких автомобільних баків для зрідженого природного газу.

**Ключові слова:** зріджений природний газ (ЗПГ), автомобільний бак для ЗПГ, газобалонне обладнання для роботи на ЗПГ, транспортні засоби, що працюють на ЗПГ.

**Аннотация.** Рассмотрены перспективы применения сжиженного природного газа в качестве моторного топлива для транспортных средств. Показана целесообразность и преимущества использования транспортными средствами сжиженного природного газа по отношению к сжатому природному газу. Предоставлены технические характеристики некоторых автомобильных баков для сжиженного природного газа.

**Ключевые слова:** сжиженный природный газ (СПГ), автомобильный бак для СПГ, газобаллонное оборудование для работы на СПГ, транспортные средства, работающие на СПГ.

**Abstract.** It is considered some prospects on the use of liquefied natural gas as fuel for motor vehicles. The feasibility and advantage of vehicle propelling with liquefied natural gas in comparison with compressed natural gas are demonstrated. It is provided some technical characteristics of certain automobile tanks for liquefied natural gas.

**Keywords:** liquefied natural gas (LNG), automobile tank for LNG, gas-cylinder equipment for operation on LNG, motor vehicles propelled with LNG.

### Вступ

У зв'язку з постійним збільшенням енергоспоживання у світі, а також зі зменшенням кількості відкриття нових (особливо великих) родовищ нафти та зниженням продуктивності відомих родовищ, багато країн світу істотно переглянули своє ставлення до стратегії використання традиційних моторних палив (бензинів та дизельного палива) для транспорту, промисловості та в комунальному господарстві. Уряди держав, а також провідні виробники транспортних засобів почали заохочувати увагу на використанні інших видів моторних палив, до яких у першу чергу належать природний газ (далі — ПГ), біопаливо та водень. Крім того, природний газ, який складається на 85 — 99% з метану (хімічна формула —  $\text{CH}_4$ ), завдяки більшості своїх позитивних фізико-хімічних та теплотехнічних характеристик, розглядається транспортниками та екологами як одне з найбільш перспективних моторних палив. Цьому сприяє також і вартість природного газу, як моторного палива, яка у більшості країн світу завжди нижча за вартість традиційних рідких моторних палив (бензинів і дизельного палива). Останнє зумовлено тим, що виробництво природного газу не потребує глибокої хімічної переробки первинної сировини, а підготовку до застосування проводять фізичними методами, такими, як стиснення чи зрідження. До того ж, за останні десятиріччя у світі відбувся суттєвий розвиток криогенних технологій зрідження природного газу з одночасним зменшенням їхньої вартості. Паралельно з цим проходило і вдосконалення конструкції автомобільних криогенних паливних баків для використання зрідженого природного газу (далі — ЗПГ) як моторного палива для транспортних засобів. До речі, зрідженим природним газом (англійською Liquefied Natural Gas або скорочено — LNG) згідно з [1] прийнято називати природний

газ, охолоджений до температури зрідження, яка дорівнює мінус 161,7 °С.

Передумовою розширення використання транспортними засобами ЗПГ слугувало й те, що значна частина країн світу, у тому числі й Україна, здобули великий досвід та суттєво розширили використання, в першу чергу, стисненого природного газу (далі — СПГ). Так, якщо у 1999 році кількість газобалонних колісних транспортних засобів (далі — ГБКТЗ), що працюють на СПГ, у світі становила усього 1,02 млн. од., то вже через 5 років вона збільшилась у три рази — до 3,4 млн. од., а ще через 5 років, у 2009 році, їх налічувалося біля 11,11 млн. од., що в десять разів більше, ніж у 1999 році. За наступні чотири роки, тобто на кінець 2013 року, їхня кількість зростає вже до 17,7 млн. од. [2–4]. Таким чином, за останні роки кількість ГБКТЗ, що працюють на СПГ, у світі в середньому підвищується на 1,5 ÷ 2,0 млн. од. за рік. Зростання кількості ГБКТЗ безпосередньо пов'язано зі зростанням і кількості автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (далі — АГНКС). Приміром, якщо у 1999 році кількість АГНКС у світі становила всього 3562 од., то через 5 років їхня кількість збільшилась удвічі (біля 7000 од.), а ще через 5 років у 2009 році їх було 16552 од. Відповідно, ще через той самий проміжок часу їхня кількість збільшилась до 22162 од. [2 — 4].

Україна теж не залишилася осторонь процесу інтенсивного переобладнання колісних транспортних засобів (далі — КТЗ) для роботи на СПГ. Цьому сприяла розвинена газотранспортна система, національні ресурси природного газу та розгалужена мережа АГНКС, яка на початок 2014 року налічувала понад 320 державних та приватних АГНКС і була здатна заправляти СПГ більше, ніж 200 тисяч ГБКТЗ [3, 4].

Але незважаючи на значну кількість переваг, використання природного газу як моторного палива в цілому, його широке застосування транспортними засобами у стисненому стані стримує ряд недоліків. До них відносяться — низька об'ємна енергетична щільність СПГ і зумовлена цим необхідність застосування великої кількості дорогих та достатньо важких автомобільних газових балонів, що негативно впливає ще й на пасажиромістність або вантажопідйомність ГБКТЗ. Крім того, однопаливні ГБКТЗ, що працюють тільки на СПГ, мають ще й додатковий недолік, такий як відносно невеликий пробіг на одній заправці. У зв'язку з цим застосування СПГ однопаливними важкими КТЗ було зазвичай звужено їх муніципальним використанням до таких типів ГБКТЗ, як міські автобуси та вантажівки для збору сміття.

У свою чергу двопаливні важкі газодизельні КТЗ (далі — ГДКТЗ), що працюють на СПГ за газодизельним циклом, мають значно більший пробіг на одній заправці, що дозволяє використовувати їх як на міжміських, так і на міжнародних маршрутах. Але вони мають той самий недолік, що й однопаливні ГБКТЗ, пов'язаний із суттєвим зменшенням їхньої пасажиромістності або вантажопідйомності.



Рис. 1. Комбінована станція для заправки КТЗ зрідженим та стисненим природним газом (Бельгія)

Слід також додати, що стрімке зростання у світі використання КТЗ природного газу як моторного палива значною мірою пов'язане зі збільшенням світового видобутку насамперед аналогу природного газу — сланцевого газу. Видобуток останнього особливо збільшився в таких країнах, як Китай та США. Це й дало поштовх промисловості цих країн до вдосконалення криогенних технологій зрідження природного газу. Головною перевагою використання ЗПГ як моторного палива транспортними засобами в порівнянні з використанням СПГ є суттєво підвищена об'ємна енергетична щільність ЗПГ, яка дозволяє зменшити кількість автомобільних баків для ЗПГ до одного-двох відносно легких баків на одному КТЗ.

Наведені вище позитивні властивості ЗПГ підтверджуються такими даними. Під час стиснення природного газу в нормальних умовах (тиск — 101325 Па та температура — 20 °С), у яких він перебуває в газоподібному стані до тиску 19,6 МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>), що згідно з [1] відповідає робочому тиску в автомобільних газових балонах, об'єм газу зменшується лише у 250 разів. Водночас у процесі зрідження природного газу — від нормальних умов до температури зрідження мінус 161,7 °С [1] — об'єм газу зменшується в середньому вже у 600 разів. Таким чином, ЗПГ займає суттєво менший об'єм, ніж СПГ. При цьому 1 кг ЗПГ за умови повного згоряння виділяє таку ж саму кількість теплоти, що і 1,14 кг дизельного палива чи 1,12 кг бензину, тобто масова енергетична щільність ЗПГ вища за масову енергетичну щільність бензину чи дизельного палива. Але об'ємна енергетична щільність ЗПГ все-таки дещо нижча за енергетичну щільність дизельного палива чи бензину. Так, 1 л ЗПГ за умови повного згоряння виділяє таку ж саму кількість теплоти, що і 0,6 л дизельного палива чи 0,7 л бензину [5]. Але цей показник все одно набагато вищий, ніж у СПГ.

Описані властивості ЗПГ у поєднанні з меншою вартістю та вагою, а також більшою безпечністю та меншим об'ємом ємностей для зберігання на борту КТЗ, створюють умови для підвищення попиту на ЗПГ як на моторне паливо. Аналіз тенденцій розвитку паливної бази для транспортних засобів у світі показує, що ЗПГ на сьогодні розглядається як найбільш реальна альтернатива традиційним рідким моторним паливам.

#### Основна частина

Останнім часом частина європейських країн таких, як Іспанія, Великобританія, Італія, Швеція, Норвегія, Польща тощо, активізувала роботи з поширення використання ЗПГ транспортними засобами. Реалізація цих робіт проводилась шляхом будівництва нових комбінованих автомобільних газозаправних станцій (далі — АГЗС), а також добудуванням автомобільних заправних станцій (далі — АЗС) чи діючих АГНКС блоками заправки ЗПГ, що дозволяє таким станціям заправляти КТЗ як СПГ, так і ЗПГ (рис. 1). Так, на початок 2014 року у світі налічувалося понад 440 таких АГЗС [2].

Крім того, Китай, США, Великобританія, Іспанія, Австралія, Швеція, Естонія та інші країни побудували АГЗС, здатні заправляти КТЗ тільки ЗПГ (рис. 2). Таких АГЗС у 2014 році у світі працювало вже понад 1400 од.

При цьому Китай, випередивши за останні роки такі країни, як Пакистан, Іран, Аргентину, Бразилію — світових лідерів минулого десятиліття за кількістю АГНКС,

зайняв позицію світового лідера за сумарною кількістю діючих АГЗС для заправки КТЗ природним газом. Так, станом на 2014 рік в Китаї налічувалося 5080 АГЗС, до яких входили 3350 станцій (АГНКС), що здатні заправляти КТЗ тільки СПГ, 1330 станцій для заправки КТЗ тільки ЗПГ і 400 комбінованих станцій, які можуть заправляти КТЗ як СПГ, так і ЗПГ [2]. До того ж, у Китаї уже тоді експлуатувалося понад 1,5 млн. ГБКТЗ, двигуни яких працюють на природному газі.

Отже, будівництво та введення в експлуатацію АГЗС для заправки КТЗ ЗПГ цілком відповідає світовим тенденціям розвитку паливної бази для транспортних засобів. Але слід додати, що економічна доцільність експлуатації такої АГЗС можлива лише за умови наявності відповідної кількості ГБКТЗ, що працюють на ЗПГ. Тому вважається доцільним будівництво комплексних автомобільних заправних станцій, які разом із заправкою КТЗ традиційними моторними паливами здатні заправляти КТЗ, ще і ЗПГ.

Заправка автомобільного бака тягача автопоїзда ЗПГ та зовнішній вигляд заправного пристрою для ЗПГ показано на рис. 3 та рис. 4.

Слід зауважити, що в європейських країнах розширенню використання ЗПГ як моторного палива сприяє і надання чинності з 10 червня 2014 року перегляду 3 доповнення 1 до поправок серії 01 Правил ЕЭК ООН



Рис. 2. Станція для заправки КТЗ зрідженим природним газом (Італія)



Рис. 3. Заправка ЗПГ автомобільного бака тягача автопоїзда (Італія)



Рис. 4. Зовнішній вигляд заправного пристрою для ЗПГ

№ 110 [1], сфера застосування яких вперше стала поширюватися на елементи спеціального обладнання (елементи газобалонного обладнання, далі — ГБО) КТЗ категорій М та N, двигуни яких працюють на СПГ та/або ЗПГ. Крім того, ці Правила поширюються ще й на КТЗ категорій М та N, двигуни яких працюють на СПГ та/або ЗПГ, у частині встановлення елементів спеціаль-



Рис. 5. Зовнішній вигляд бака для ЗПГ виробництва ВАТ НВО «Геліймаш» (Росія)

ного обладнання офіційно затвердженого типу. Таким чином, у цій редакції Правил ЕЭК ООН № 110 вперше сформульовані вимоги до: комплекту ГБО для роботи на ЗПГ; баків (ємностей) для збереження на борту транспортного засобу запасу ЗПГ та до ГБКТЗ, двигуни яких працюють на ЗПГ, у частині встановлення на них комплекту ГБО.

Таблиця 1

Характеристики автомобільних паливних баків для ЗПГ виробництва ВАТ НВО «Геліймаш» (Росія)

| № з/п | Параметри                               | Модель паливного бака |         |         |             |             |             |
|-------|---|-----------------------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|
|       |   | БКТ-100               | БКТ-190 | БКТ-260 | БКТ-300/1,6 | БКТ-340/1,6 | БКТ-415/1,6 |
| 1     | Місткість, л                            | 110                   | 190     | 260     | 325         | 340         | 415         |
| 2     | Кількість ЗПГ, л                        | 100                   | 171     | 234     | 290         | 306         | 373         |
| 3     | Еквівалентний об'єм газу, $\text{нм}^3$ | 60                    | 106     | 146     | 181         | 191         | 233         |
| 4     | Максимальний робочий тиск, МПа          | 0,5                   | 1,6     | 1,6     | 1,6         | 1,6         | 1,6         |
| 5     | Габаритні розміри баку, мм              |                       |         |         |             |             |             |
|       | довжина                                 | 1250                  | 1450    | 1680    | 1910        | 2050        | 2080        |
|       | ширина                                  | 500                   | 610     | 610     | 610         | 610         | 660         |
|       | висота                                  | 480                   | 610     | 610     | 610         | 610         | 660         |
| 6     | Маса порожнього бака, кг                | 92                    | 171     | 195     | 250         | 231         | 265         |

Таблиця 2

Характеристики деяких автомобільних паливних баків для ЗПГ виробництва Chart Industries (США)

| № з/п | Параметри                               | Модель бака |          |                 |          |
|-------|---|-------------|----------|-----------------|----------|
|       |   | HLNG-72     | HLNG-119 | HLNG-150 «Lite» | HLNG-206 |
| 1     | Місткість, л                            | 270         | 454      | 561             | 776      |
| 2     | Кількість ЗПГ, л                        | 245         | 410      | 511             | 700      |
| 3     | Еквівалентний об'єм газу, $\text{нм}^3$ | 152         | 254      | 315             | 430      |
| 4     | Габаритні розміри баку, мм              |             |          |                 |          |
|       | діаметр                                 | 660         | 660      | 660             | 660      |
|       | довжина                                 | 1270        | 1905     | 2184            | 3048     |
| 5     | Маса порожнього бака, кг                | 145         | 230      | 283             | 376      |
| 6     | Маса баку із ЗПГ, кг                    | 250         | 400      | 471             | 634      |



Рис. 6. Зовнішній вигляд бака для ЗПГ виробництва Chart Industries (США)

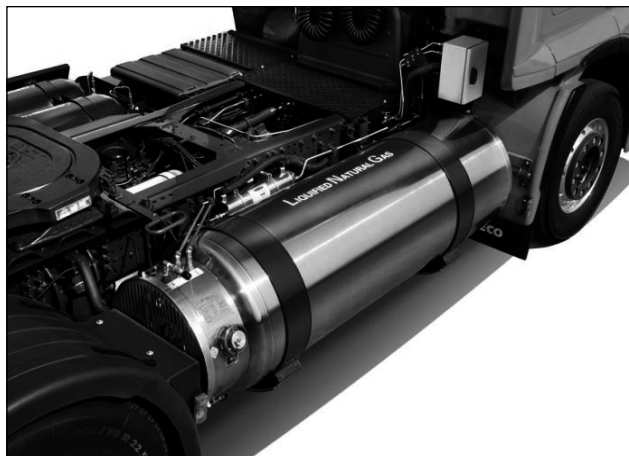


Рис. 7. Кріплення автомобільного паливного бака для ЗПГ до тягача Iveco

Для забезпечення попиту на ЗПГ як моторного палива для КТЗ було розгорнуто виробництво сучасних автомобільних баків (ємностей) для ЗПГ. У *табл. 1* та *табл. 2* наведені основні характеристики деяких автомобільних баків (ємностей) для ЗПГ виробництва ВАТ НВО «Геліймаш» (Росія) [6] та Chart Industries (США) [7]. Зовнішній вигляд баків (ємностей) для ЗПГ виробництва ВАТ НВО «Геліймаш» (Росія) показано на *рис. 5*, а виробництва Chart Industries (США) зі знятою зовнішньою кришкою арматури баку — на *рис. 6*.

Як свідчать дані, наведені в *табл. 1* та *табл. 2*, для зберігання на борту КТЗ запасу ЗПГ можуть бути використані автомобільні баки (ємності), у яких за умови однакових ширини та висоти або однакового зовнішнього діаметру, за рахунок збільшення довжини баку може зберігатися різна кількість ЗПГ.

Застосування на КТЗ бака моделі HLNG-72 (*табл. 2*), у який може бути заправлено 245 л ЗПГ, що еквівалентно 152  $\text{нм}^3$ , за цією кількістю газу фактично заміщає собою 12-ть штук 50-ти літрових легованих газових балонів для СПГ. До того ж, маса повного бака із ЗПГ в 3,45 рази менша за сумарну масу 12-ти балонів із газом, балонною арматурою та елементами кріплення до КТЗ. Таким чином, застосування бака моделі HLNG-72 на пасажирському автобусі замість 12-ти газових балонів із СПГ дозволить збільшити його пасажировмісність щонайменше на вісім пасажирів.

На *рис. 7* та *рис. 8* показано місце розташування та конструкції кріплення автомобільного бака для ЗПГ до КТЗ. На них видно, що габаритні розміри баків для ЗПГ (*табл. 1* та *табл. 2*) дозволяють розташовувати такі баки на місці штатних паливних баків для дизельного палива, у тому числі навіть у межах невеликої бази тягачів автопоїздів, а також автобусів. Окрім того, завдяки своїй циліндричній формі та відносно невеликій вазі, яка не більша за вагу аналогічного за об'ємом штатного паливного бака для дизельного палива, для кріплення бака для ЗПГ до КТЗ не потребуються спеціальні елементи кріплення, які б мали підвищену міцність або особливу форму. Кріплення бака для ЗПГ до КТЗ здійснюється за допомогою напівкруглих ложементів та хомутів. При цьому бак може бути або встановлений зверху на ложементи і притягнутий до них хо-



Рис. 8. Кріплення автомобільного паливного бака для ЗПГ до КТЗ (США)

мутами (див. *рис. 7*), або розташований під ложементами і також притягнутий до них хомутами (див. *рис. 8*).

Таким чином, використання ЗПГ як моторного палива для важких однопаливних ГБКТЗ або ГДКТЗ дозволить (без зменшення пасажировмісності або вантажопідйомності) розширити сферу їхнього застосування від муніципальних маршрутів до міжміських та міжнародних.

#### Висновки

З метою диверсифікації паливної бази транспортного комплексу України, застосування транспортними засобами альтернативних (нетрадиційних) видів моторних палив, забезпечення транзиту автомобілів, що живляться ЗПГ з інших країн, зменшення шкідливих викидів транспортними засобами, а також зниження вартості перевезень, що є сучасним, перспективним і відповідає тенденціям провідних світових та європейських держав, на наш погляд, необхідно:

1. Провести системні дослідження ефективності використання зрідженого природного газу як моторного палива на території України з урахуванням міжнародних транспортних коридорів, у тому числі на напрямках європейських «Блакитних коридорів зрідженого природного газу» (LNG Blue Corridors) та «Блакитних коридорів стисненого природного газу» (CNG Blue Corridors). Доцільно дослідити можливість та ефективність використання зрі-

дженого природного газу як моторного палива на залізничному транспорті (для роботи маневрових та магістральних тепловозів за газодизельним циклом), а також для позашляхових великовантажних транспортних засобів (таких, як кар'єрні автомобілі-самоскиди).

2. Дослідити джерела одержання зрідженого природного газу як моторного палива для транспортних засобів в Україні — насамперед за рахунок власного виробництва, а також за рахунок його імпорту у зрідженому стані з європейських LNG-терміналів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Правила ЕЖ ООН № 110-01 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения: I. Элементов специального оборудования автотранспортных средств, двигатели которых работают на сжиженном природном газе (СПГ) и/или сжиженном природном газе (СПГ); II. Транспортных средств в отношении установки элементов специального оборудования официального утвержденного типа для использования в их двигателях компримированного природного газа (КПГ) и/или сжиженном природном газе (СПГ)».

2. NGVA Europe. Worldwide NGV statistics. [Електронний ресурс] // NGVA Europe. Електронний журнал. — Режим доступу к журн.: <http://www.ngvaeurope.eu/worldwide-ngv-statistics>. — Назва з екрану.

3. Всесвітній досвід використання стисненого природного та зрідженого нафтового газів як моторних палив на автомобільному транспорті / Редзюк А. М., Ковальов С. О. // Автошляховик України, 2009, № 2, с. 5 — 9.

4. Використання природного та зрідженого нафтового газів як моторних палив в Україні / Редзюк А. М., Ковальов С. О. // Діловий інформаційно-аналітичний журнал «ІНФОРМАЦІЯ та БЕЗПЕКА», 2010, № 3 (4), с. 36 — 39.

5. Комп'ютерна презентація «Position Paper: LNG, a Sustainable Fuel for all Transport Modes». A Position Paper of NGVA Europe prepared by: Dr. Antonio Nicotra, General Manager Gasfin Investment S. A., Managing Director Air-LNG GmbH.

6. ОАО НПО «Гелиймаш». Топливные баки для СПГ. Емкостное оборудование [Електронний ресурс] // ОАО НПО «Гелиймаш». — Режим доступу к журн.: <http://www.gelyimash.ru/products/111/524/>. — Назва з екрану.

7. Chart Industries. VehicleTanks [Електронний ресурс] // Chart Industries. — Режим доступу к журн.: [http://files.chartindustries.com/10834738\\_VehicleTanks](http://files.chartindustries.com/10834738_VehicleTanks). — Назва з екрану.

#### УДК 629.113

© Сахно В. П., доктор техн. наук, професор, академік ТАУ;

© Єфименко А. М., аспірант (ДЕТУТ)

## ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ КРЕНУ МОНОРЕЙКОВОГО ВАГОНА ТА ПЕРЕРОЗПОДІЛУ РЕАКЦІЙ ОПОР У КРИВОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНКАХ РУХУ

**Анотація.** Описано перерозподіл вертикальних та поперечних реакцій колісних опор монорейкового вагона. Досліджено характеристики силової взаємодії колісних опор монорейкового вагона з поверхнею естакади під час проходження криволінійних ділянок шляхопроводу. Визначено безпечні інтервали вертикальної жорсткості несучих коліс та поперечної жорсткості напрямних коліс, у межах яких гарантовано безпеку руху монорейкового вагона.

**Ключові слова:** монорейковий вагон, напрямний колісний модуль, несучі колеса, напрямні колеса, деформація, кут крена.

**Анотация.** Описано перераспределение вертикальных и боковых реакций колесных опор монорельсового вагона. Исследованы характеристики силового взаимодействия колесных опор монорельсового вагона с поверхностью эстакады при прохождении криволинейных участков путепровода. Определены безопасные интервалы вертикальной жесткости несущих колес и боковой жесткости направляющих колес, в пределах которых обеспечена безопасность движения монорельсового вагона.

**Ключевые слова:** монорельсовый вагон, направляющий колесный модуль, несущие колеса, направляющие колеса, деформация, угол крена.

**Abstract.** To the question of assessing kren monorail wagon and redistribution reactions of supports in curved sections of movement. Determined the redistribution of the vertical and lateral reactions of monorail wagon. Investigated the characteristics of force interaction of supports wheel of the monorail wagon with the surface of the trestle when passing curved sections of the overpass. Defined safe intervals vertical stiffness of carrier wheels and lateral stiffness guides wheels within which is provided a safety movement monorail wagon.

**Keywords:** monorail wagon, guide wheel module, carrier wheels, guides wheels, deformation, angle of kren.

#### Вступ

Для поліпшення ситуації в галузі перевезення пасажирів, що останнім часом дуже напружена у зв'язку зі збільшенням транспортних засобів на дорогах мегаполісів, постає питання про її покращення, а саме — розвантаження

міських вулиць. Поява монорейкової системи у великих містах зможе налагодити систему переміщень пасажирів у передмісті, що насамперед зменшить час переміщення пасажирів зі спальних районів до центру міста. Цей вид транспорту є найперспективнішим на сьогодні, оскільки