

УДК 621.73

Куниця А.В., д.т.н., Федорченко О.Г.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНУ ЗБЕРЕЖЕННЯ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ПРИГОДИ

Виконано аналіз транспортно-трасологічної і інженерно-міцнісної методик експертиз дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Запропоновано нову методику експертизи ДТП, яка ґрунтується на використанні закону збереження енергії. Енергія автомобільного транспортного засобу (АТЗ) до початку ДТП встановлюється шляхом визначення сумарної енергії, яка складається з енергій гальмування автомобіля, деформації і руйнування його конструктивних частин та його відкидання у різних площинах під час ДТП.

Вступ

Кількість ДТП у всіх країнах світу з кожним роком збільшується, як і кількість загиблих та поранених. Одним з шляхів зниження кількості дорожньо-транспортних пригод і поліпшення безпеки дорожнього руху (БДР) є розробка конкретних заходів, що визначаються на підставі використання результатів проведення транспортно-трасологічної або інженерно-міцнісної експертиз.

Для визначення швидкості руху автотранспортного засобу до початку ДТП застосовується транспортно-трасологічна методика. Фактично ця методика враховує лише одну частину повної кінетичної енергії АТЗ, а саме ту, що витрачається на його гальмування під час ДТП [1].

Визначення швидкості АТЗ за такою методикою не є вірним, тому що не враховується друга частина його повної кінетичної енергії, яка витрачається під час ДТП на деформування і руйнування конструктивних частин АТЗ [2].

В свою чергу інженерно-міцнісна методика визначає швидкість АТЗ до початку ДТП лише через ту другу частину повної кінетичної енергії, що витрачається тільки на деформування конструктивних частин АТЗ [2], і тому визначення швидкості АТЗ тільки за цією методикою також не є вірним.

Кожна з цих методик повинна доповнювати іншу, але на цей час вони використовуються незалежно одна від одної, тим більше що вчені, які розроблюють їх, працюють у різних сферах науки і їх думки не об'єднані.

У даній роботі пропонується системне об'єднання транспортно-трасологічної і інженерно-міцнісної методик і їх комплексне доповнення з метою виконання системної експертизи ДТП і визначення швидкості АТЗ до початку ДТП на підставі використання повної його кінетичної енергії, яка сумарно складається з енергій гальмування АТЗ, деформування і руйнування його конструктивних частин і відкидання АТЗ у різних площинах під час ДТП.

Мета

Метою роботи є створення системної методики виконання експертизи ДТП на підставі закону збереження енергії і визначення повної кількості кінетичної енергії АТЗ до початку ДТП.

Аналіз транспортно-трасологічної методики

Згідно з транспортно-трасологічною експертизою розрахункова швидкість АТЗ із достатнім ступенем точності визначається за формулою:

$$V_a = 0,5 \cdot t_z \cdot j_m + \sqrt{2 \cdot S_{ю} \cdot j_m}, \quad (1)$$

де V_a — розрахункове значення швидкості руху автомобіля, м/с;

t_3 — час зростання вповільнення при екстремому гальмуванні АТЗ в досліджуваних дорожніх умовах, с;

j_m — максимальне вповільнення, що встановилося при гальмуванні АТЗ в досліджуваних дорожніх умовах, $(м/с)^2$;

$S_{ю}$ — довжина слідів гальмування АТЗ, м.

Починаючи із часу t_3 , гальмівна система АТЗ спрацьовує, й у результаті цього починає витрачатися якась частина повної кінетичної енергії АТЗ безпосередньо на гальмування.

Значення t_3 залежить від багатьох факторів, таких як тип гальмового приводу, стан дорожнього покриття, маси АТЗ і приймається під час експертизи ДТП згідно з нормативними документами [1].

Максимальне вповільнення АТЗ при повному використанні зчеплення всіма його шинами визначається за формулою:

$$j_m = \phi_x g, \quad (2)$$

де ϕ_x — коефіцієнт поздовжнього зчеплення шин з дорогою;

g — прискорення земного тяжіння, $м/с^2$.

Коефіцієнт зчеплення ϕ_x і довжину гальмового шляху $S_{ю}$ заміряють на місці ДТП за допомогою «п'ятого колеса» [1] або переносних приладів.

Отримані значення (t_3 , j_m , $S_{ю}$, ϕ_x) дозволяють визначити за формулою (1) швидкість АТЗ (V_a) до початку ДТП.

До формули (1) не входять ті параметри, які б відображали вплив другої частини повної кінетичної енергії АТЗ на значення його швидкості до початку ДТП, що обумовлено деформуванням і руйнуванням конструктивних частин АТЗ. Визначення швидкості за цією методикою дозволяє встановити лише ту частину повної кінетичної енергії, що витрачена на гальмування АТЗ:

$$T_{mp} = \frac{m_a V_a^2}{2}, \quad (3)$$

де m_a — маса АТЗ, кг.

Аналіз інженерно-міцнісної методики

Теоретичною основою інженерно-міцнісної методики є теорія деформування металів [2]. Для виконання цієї методики необхідно мати дані про характеристики матеріалів ушкоджених елементів конструкцій АТЗ у вигляді спеціальних функцій, які у свою чергу формують технологічний паспорт матеріалу, і це дозволяє врахувати невидимі ушкодження. Цей метод оцінки вивільненої енергії є найбільш точним особливо для розрахунку вивільненої енергії деформування конструктивних частин АТЗ. Замір міцності виконується переносним приладом, наприклад МЕД-УД, який визначає міцність за шкалами Бринелля, Роквелла, Веккерса и Шора.

Потенційну енергію деформування за значенням міцності визначаємо за допомогою тарировочних кривих міцності $H_T = f(\sigma_u, e_u)$ [2]. Згідно з замірами і отриманими значеннями міцності визначається питома потенційна енергія W_{y0} кожної елементарної ділянки конструктивної частини АТЗ. Після чого визначається середнє значення її міцності W_{y0} .

Наступним етапом методики є визначення безпосереднього виміру об'єму V_{defj} кожного j -ого ушкодженого елемента конструктивної частини АТЗ.

Перемножуючи отриману величину W_{y0} на V_{defj} , одержуємо потенційну енергію деформації j -ого елемента конструктивної частини АТЗ за формулою:

$$E_{defj} = W_{y0} \cdot V_{defj}. \quad (4)$$

Повну потенційну енергію деформації T_{def} конструктивної частини АТЗ одержуємо шляхом підсумовування окремих значень потенційних енергій E_{defj} усіх її елементів за формулою:

$$T_{def} = \sum E_{defj} \quad (5)$$

Визначення енергії деформування лише за міцністю не є вичерпним, тому що під час зіткнення АТЗ отримує не лише деформування, а й зміщення чи навіть руйнування конструктивних частин АТЗ. Це обумовлено тим, що під час ДТП енергія вивільнюється не лише на ті дві складові, які були зазначені вище, але й на енергію руйнування інших конструктивних частин АТЗ, які не розглядаються ні в транспортно-трасологічній, ні в інженерно-міцнісній експертизах. Це призводить до заниження повної кількості кінетичної енергії АТЗ до ДТП, а згодом — і до зниження результатів швидкості, що є неприпустимим і не відповідає дійсності.

Саме тому під час виконання інженерно-міцнісної експертизи необхідно встановлювати також ту частину енергії, яка була витрачена безпосередньо на руйнування $T_{руйн}$ кожної із руйнівних деталей. Значення цієї енергії у загальному вигляді можна встановити, наприклад, за формулою:

$$T_{руйн} = \sum \left(k \cdot \left(\frac{S^2}{2} \right) \right), \quad (6)$$

де k — жорсткість деталі;

S — стискання деталі.

У результаті зіткнення можливе відкидання АТЗ на якусь відстань без контакту його коліс з дорогою. Крім того, під час процесу відкидання АТЗ розвертає у різних площинах, зокрема що проходять через центр мас АТЗ перпендикулярно і паралельно площині руху. Роботу по відкиданню АТЗ у останньому випадку можна визначити за формулою [2]:

$$T_{відк} = m_a \cdot g \cdot f(l + a \cdot \theta), \quad (7)$$

де m_a — вага кожного АТЗ, нетто кг (враховується не лише вага АТЗ, але і вага людей, що знаходились в АТЗ під час зіткнення та інших речей, які збільшують дійсну вагу АТЗ);

g — прискорення вільного падіння;

l — відстань, на яку відкидаються АТЗ після зіткнення, м;

θ — кути розвороту АТЗ відносно осей, котрі проходять перпендикулярно до площині руху АТЗ через центр мас;

f — коефіцієнти тертя коліс АТЗ об дорогу;

a — відстань у плані від центру мас АТЗ до його лівого переднього колеса.

Під час відкидання можливі повторні зіткнення, на котрі витрачається також якась частина кінетичної енергії. При цьому виникають як повторні зіткнення, так і інші деформування якоїсь частини, а також можливе повторне відкидання АТЗ до тих пір, поки не буде витрачена уся повна кінетична енергія АТЗ. Саме тому вважаємо, що визначення енергії на відкидання лише за формулою (7) не відповідає дійсності, тому що у цій формулі враховано лише одне відкидання.

До того ж під час переміщення АТЗ після зіткнення у процесі відкидання можливе виконання ще й роботи з закидання АТЗ, наприклад на тротуар, яка визначається за формулою [3]:

$$T_{відкh} = m \cdot g \cdot \Delta h, \quad (8)$$

де Δh — висота бордюрного каміння тротуару.

Це свідчить про те, що не існує єдиної формули для визначення можливої енергії на відкидання.

Відзначимо також те, що певна кількість змін розташування центрів кривизни слідів гальмування відносно траєкторії АТЗ свідчить про те, що під час процесу ДТП відбулася така ж кількість повторних зіткнень.

Це вказує на те, що на АТЗ в цей час діяли інші сили, ніж до початку ДТП. Повторні зіткнення призводять до повторного деформування і руйнування тих або інших конструктивних частин АТЗ.

Незважаючи на цей факт, на сьогоднішній день неможливо встановити, на якому етапі були отримані ті чи інші деформування й руйнування, але й відкидати цей факт неможливо.

Саме тому визначення енергій, що є складовими кінетичної енергії, проводиться до кожного типу відкидання окремо і може визначатися за формулами (6), (7) і (8), а також іншими. У загальному вигляді встановити формули для визначення енергії відкидання є неможливим.

У той самий час встановлення кінетичної енергії АТЗ на відкидання повинно зводитися до того, щоб у кожному окремому випадку визначити конкретні процеси, що виникали, і згідно з цим виконувати розрахунок енергії.

Ці процеси можуть бути встановлені різними способами, наприклад за зміною розташування кривизни гальмівного шляху чи опитуваннями очевидців ДТП.

Методика виконання експертизи ДТП з використанням закону збереження енергії

Викладене вище дозволяє запропонувати наступну системну методику виконання експертизи ДТП з використанням закону збереження енергії.

1. Вивчаємо траєкторію слідів гальмування з метою встановлення якісних змін механізму ДТП, особливо кількості повторних зіткнень, їх видів, видів деформувань, руйнувань і відкидань, якщо ж звісно вони були. Ці види вивільнення кінетичної енергії АТЗ головні, і тому вони зумовлюють точність подальших розрахунків.

2. Згідно зі слідами гальмування та кількістю повторних зіткнень, в процесі котрих АТЗ мав контакт з поверхнею дороги і здійснював гальмування, встановлюємо енергію T_{mp} , яка витрачається на гальмування згідно з формулами (1) і (3).

3. Енергію деформування T_{def} конструктивних частин АТЗ визначаємо за формулами (4) і (5).

4. Для встановлених конструктивних частин АТЗ, які зруйнувалися, визначаємо за формулою (6) значення енергії руйнування $T_{руйн}$. Однак безпосередньо формула (6) є недостатньою для усіх видів руйнувань за для визначення енергії руйнування. І тому, в кожному окремому випадку, залежно від характеру і виду руйнування, необхідно її конкретизувати до цього виду руйнування.

5. Якщо в процесі ДТП встановлено процес відкидання чи закидання АТЗ, тоді необхідно підраховувати значення енергетичних витрат $T_{відк}$ і $T_{відк h}$ згідно з формулами (7) чи (8).

6. Тепер є можливість визначити повні значення енергетичних витрат, пов'язаних з кожним окремим АТЗ. Знаходимо підсумкове значення енергетичних витрат $T_{АТЗ}$ для кожного окремого АТЗ, яке визначається за формулою:

$$T_{АТЗ} = T_{mp} + T_{def} + T_{руйн} + T_{відк} + T_{відк h}. \quad (9)$$

7. Дійсне значення кінетичної енергії АТЗ знаходимо за формулою:

$$T_{K_{АТЗ}} = \frac{m_a V_\delta^2}{2}, \quad (10)$$

де V_δ — дійсне значення швидкості руху АТЗ до початку ДТП.

8. Значення підсумкових енергетичних витрат $T_{АТЗ}$ дорівнює значенню кінетичної енергії автотранспортного засобу $T_{K_{АТЗ}}$ до початку ДТП, тобто:

$$T_{к_{АТЗ}} = T_{АТЗ} = \frac{m_a V_{\delta}^2}{2} = T_{mp} + T_{деф} + T_{руйн} + T_{відк} + T_{відк h}. \quad (11)$$

9. Значення дійсної швидкості руху АТЗ визначаємо за формулою:

$$V_{\delta} = \sqrt{2(T_{mp} + T_{деф} + T_{руйн} + T_{відк} + T_{відк h}) / m_a}. \quad (12)$$

Конкретні вирази формул (6), (7) та (8), залежно від характеру встановлених якісних змін механізму ДТП, можуть зазнати змін, уточнень і використовуватись вперше.

Однак концептуально методика транспортно-трасологічно-інженерно-міцнісної експертизи (ТТІМЕ) повинна мати вказані вище пункти саме в такій послідовності.

Висновки

1. З метою виявлення якісних змін механізму ДТП вперше запропоновано під час експертизи ДТП враховувати кількість змін розташування центрів кривизни слідів гальмування відносно траєкторії руху АТЗ.

2. Доведено, що виявлення якісних змін механізму ДТП дозволяє встановити види енергетичних витрат кінетичної енергії АТЗ.

3. На підставі закону збереження енергії розроблено системну методику виконання експертизи ДТП, в якій враховується п'ять видів енергетичних витрат.

Список літератури

1. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В.А. Иларионов: учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1989. — 255 с.
2. Огородников В.А. Энергия. Деформация. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы): монография / В.А. Огородников, В.Б. Киселёв, И.О. Сивак. — Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 204 с.
3. Байков В.П. Учёт потерь кинетической энергии при столкновении транспортных средств / В.П. Байков, В.И. Гутник, В.Б. Киселев // Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. — 2008. — №1/11. — С. 10-16

Рецензент: к.т.н., доц., Т.Є. Василенко, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»

Стаття надійшла до редакції 15.12.10
© Куниця А.В., Федорченко О.Г., 2010