

Віталій Євгенійович Вовк

Головний судовий експерт Черкаського відділення
Київського науково-дослідного інституту судових експертиз
Міністерства юстиції України

ORCID: 0009-0007-1048-137X, e-mail: cherkasy@kndise.gov.ua

**Проведення автотехнічних досліджень
з використанням системи комп'ютерної алгебри
*Mathcad***

У статті проаналізовано особливості проведення розрахунків із використанням системи комп'ютерної алгебри Mathcad при проведенні автотехнічних експертиз. Автор акцентує увагу науковців на тому, що застосування сучасних комп'ютерних програмних продуктів не лише дозволяє заощадити час проведення розрахунків при виконанні автотехнічних експертиз часу, але й їх систематизації та формування ілюстративної частини дослідження.

Ключові слова: автотехнічна експертиза; розрахунки; система *Mathcad*.

Постановка проблеми. При проведенні судових автотехнічних експертиз обставин і механізму дорожньо-транспортних пригод проводиться багато складних розрахунків для вирішення різноманітних питань.

Для зменшення часу розрахунків, їх систематизації та наочності актуальним є використання системи комп'ютерної алгебри *Mathcad* при проведенні автотехнічних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування сучасних комп'ютерних програмних продуктів для проведення розрахунків при виконанні автотехнічних експертиз не висвітлювалося в публікаціях для відкритого доступу.

Мета дослідження. Демонстрація можливостей застосування системи комп'ютерної алгебри *Mathcad* при проведенні автотехнічних експертиз.

Викладення основного матеріалу. Використання автотехнічної експертизи органами досудового розслідування та судом дозволяє дослідити обставини дорожньо-транспортної пригоди і прийняти об'єктивне рішення. У затверджених Міністерством юстиції України

науково-методичних рекомендаціях з питань підготовки та призначення судових експертиз, передбачений перелік основних питань з автотехнічної експертизи. Вирішення переважної більшості цих питань потребує проведення розрахунків за складними формулами [1].

Одним із універсальних засобів для проведення розрахунків є *Mathcad* — система комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування, орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводженням, відрізняється легкістю використання і застосування для колективної роботи [2].

Mathcad має простий і інтуїтивний для використання інтерфейс користувача. Для введення формул і даних можна використовувати як клавіатуру, так і спеціальні панелі інструментів.

Робота здійснюється в межах робочого аркуша, на якому рівняння і вирази відображаються графічно, на противагу текстовому запису в мовах програмування. При створенні документів-програм використовується принцип *What You See Is What You Get* (англ. «Що бачиш, те й отримуєш») із набору математичних виразів та тексту в інтерактивному блоку.

Програма орієнтована на користувачів-непрограмістів, *Mathcad* також використовується в складніших проєктах, щоб візуалізувати результати математичного моделювання шляхом використання найбільш поширених обчислень і традиційних мов програмування.

Mathcad зручно використовувати для обчислень і різноманітних інженерних розрахунків, у тому числі і при проведенні досліджень обставин дорожньо-транспортних пригод.

Нижче наведено приклад проведення розрахунків із використанням програми *Mathcad 15* з режимом блокнути при дослідженні обставин дорожньо-транспортної пригоди.

Досліджувався наїзд на пішохода, який у поперечному напрямку перетинав проїзну частину, з використанням наступних вихідних даних: світла пора доби; асфальтобетонне покриття проїзної частини — сухе; підйом — 2°; автомобіль категорії — М1 не завантажений; рухався зі швидкістю 50 км/год.; водій гальмування не застосовував; час існування небезпеки для руху — 1.4 с. [3]. Вікно програми та розрахунки за означеними вихідними даними наведено нижче (рис. 1).

The screenshot shows a spreadsheet with the following data and formulas:

$t_n := 1.4$	$t_1 := 0.8$	
$V_a := 50.0$	$t_2 := 0.2$	
$\alpha := 2.0$	$t_3 := 0.25$	
	$J_n := 6.9$	
$J_{\text{max}} := J_n \times \cos\left(\alpha \times \frac{3.14}{180}\right) + 9.81 \times \sin\left(\alpha \times \frac{3.14}{180}\right) \quad J = 7.2$		
$S_a := t_n \times \frac{V_a}{3.6}$	$S_a = 19.4$	
$S_3 := (t_1 + t_2 + 0.5 \times t_3) \times \frac{V_a}{3.6} + \frac{V_a^2}{26 \times J} \quad S_3 = 28.9$		
$T_{np} := t_1 + t_2 + 0.5 \times t_3$	$T_{np} = 1.13$	
$V_6 := 3.6 \times J \times (t_n - T_{np})$	$V_6 = 7.2$	+
$V_{3n} := 3.6 \times \left[\sqrt{(t_1 + t_2 + 0.5 \times t_3)^2 \times J^2 + 2 \times J \times (S_3 - S_a)} - J \times (t_1 + t_2 + 0.5 \times t_3) \right] \quad V_{3n} = 22$		

Рис. 1. Вікно програми та розрахунки за означеними вихідними даними

Де:

- t_n — час існування небезпеки для руху, с;
- V_a — швидкість руху, км/год;
- α — кут підйому проїзної частини, град.;
- t_1 — ситуаційний час реакції водія, с;
- t_2 — час запізнення спрацювання гальмівної системи, с;
- t_3 — час зростання уповільнення при гальмуванні, с;
- J_n — уповільнення при гальмуванні на горизонтальній ділянці, м/с²;
- J — уповільнення при гальмуванні в умовах місця пригоди, м/с²;
- S_a — віддалення від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху, м;
- S_3 — зупинний шлях при екстремому гальмуванні, м;
- T_{np} — час приведення гальмівної системи в дію, с;
- V_6 — безпечна швидкість для уникнення наїзду, км/год;
- V_{3n} — зниження швидкості шляхом гальмування, км/год.

За результатами розрахунків проводяться порівняння швидкості V_a із V_{zn} , відстані S_a із S_3 , швидкості V_b із V_{zn} та робляться висновки, які для даного прикладу наступні:

1. $V_a > V_{zn}$ — дії водія не відповідали вимогам п. 12.3 Правил дорожнього руху України [4], оскільки водій перед пригодою не зменшував швидкість руху і мав технічну можливість шляхом екстреного гальмування зменшити її більш ніж удвічі з 50 до 22 км/год.

2. $S_a < S_3$ та $V_b < V_{zn}$ — водій не мав технічної можливості уникнути дорожньо-транспортної пригоди, і невідповідності його дій вимогам п. 12.3 Правил дорожнього руху України, з технічної точки зору, не перебували у причинному зв'язку з її виникненням.

3. Якщо, стоїть питання про встановлення причинних зв'язків між діями водія та наслідками дорожньо-транспортної пригоди, то, на думку автора статті, необхідно вказати, що вирішення даного питання виходить за межі спеціальних знань експерта.

Проте, необхідно зазначити, що дія кінетичної енергії рухомого автомобіля (деформуюча та травматична), яка залежить від квадрату швидкості його руху ($m \times V^2/2$), була б значно меншою при швидкості 22 км/год, ніж при 50 км/год.

4. При необхідності, за допомогою програми *Mathcad* проводяться додаткові розрахунки можливості виходу пішохода на небезпечну відстань, за формулою:

$$D_b := \frac{V_n}{3.6} \times \left[t_1 + t_2 + 0.5 \times t_3 + \frac{V_a}{3.6 \times j} - \sqrt{\frac{2}{j} \times (S_3 - S_a)} \right] - S_n$$

де:

V_n — швидкість руху пішохода, (км/год.);

S_n — шлях, який подолав пішохід з моменту виникнення небезпеки для руху до наїзду, (м).

Висновки. Підбиваючи підсумки, необхідно зазначити, що застосування системи комп'ютерної алгебри *Mathcad* при проведенні автотехнічних експертиз зменшує час на проведення складних розрахунків, дає можливість їх систематизувати та наглядно їх оцінювати.

Перелік посилань

1. Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень, затв. наказом Міністерства юстиції України 08.10.1998 № 53/5 (зі змін та допов.). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98#Text> (дата звернення: 29.12.2023).

References

1. Scientific and methodical recommendations from issues of preparation and assignment of forensic examinations and expert studies, approved by order of the Ministry of Justice of Ukraine dated 08.10.1998 No. 53/5 with changes and additions. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98#Text> (access date: 29.12.2023) [in Ukrainian].

2. Mathcad — система комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування / Вікіпедія. URL : <https://uk.wikipedia.org/wiki/Mathcad/>. (дата звернення: 29.12.2023).
 3. Кристи Н. М. Методические рекомендации по производству авто-технической экспертизы. Москва : ЦННИСЭ, 1971. 112 с.
 4. Правила дорожнього руху : затв. постановою Кабміну України від 10.10.2001 № 1306 (зі змін та допов.). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text> (дата звернення: 29.12.2023).
- Mathcad is a computer algebra system from the class of automated design systems / Wikipedia. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Mathcad/> (access date: 29.12.2023) [in Ukrainian].
- Krysta, N. M. (1971). Methodical recommendations for the production of auto-technical expertise. Moskva : TsNNISE. 112 p. [in Russian].
- Road traffic rules, established by Resolution No. 1306 of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated October 10, 2001 (as amended). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text> (access date: 29.12.2023) [in Ukrainian].

Automotive engineering research using the mathcad computer algebra system

V. Vovk

The article analyzes the features of calculations using the computer algebra system “Mathcad” when conducting auto technical examinations. The author focuses the attention of scientists on the fact that the use of modern computer software products not only allows you to save the time of calculations when performing auto-technical examinations of time, but also their systematization and the formation of an illustrative part of the study. Calculations using the Mathcad computer algebra system during auto technical examinations were analyzed. When conducting forensic autotechnical examinations of the circumstances and mechanism of traffic accidents, many complex calculations are made to solve various issues. To reduce the time of calculations, their systematization and clarity, the use of the Mathcad computer algebra system is relevant when conducting auto-technical studies. The purpose of the scientific article is to provide an illustrative example of the use of the Mathcad computer algebra system when conducting auto technical examinations.

Keywords: auto technical expertise; calculations; Mathcad system.

- ⇒ Вовк, В. Є. (2024). Проведення автотехнічних досліджень з використанням системи комп'ютерної алгебри *Mathcad*. *Криміналістика і судова експертиза*. Вип. 69. С. 280—284. DOI: 10.33994/kndise.2024.69.25.