

ПРОЄКТНИЙ АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ШВИДКОСТІ (ISA) У КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТУ

Вовк Юрій, Вовк Олег, Вовк Ірина, Вовк Ярослав

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001*

Перевищення швидкості залишається однією з найнебезпечніших причин дорожньо-транспортних пригод у світі. За даними Європейської Комісії, невідповідна швидкість руху є основним чинником у 10-15% усіх ДТП та 30% смертельних аварій в ЄС. В Україні ситуація критична: за перші 7 місяців 2025 року зареєстровано 13 738 ДТП з постраждалими, у яких загинуло 1663 особи та травмовано 17 107 осіб. При цьому перевищення безпечної швидкості стало причиною 41,5% усіх аварій – це найбільший показник серед усіх факторів ризику.

У відповідь на цю проблему Європейський Союз у 2019 році ухвалив Регламент (ЄС) 2019/2144, що з 7 липня 2024 року зобов'язує обладнувати всі нові транспортні засоби категорій M і N (легкові та вантажні) системами інтелектуального контролю швидкості (Intelligent Speed Assistance, ISA). ISA – це система, яка інформує водія про діючі обмеження швидкості, попереджає про їх перевищення та може автоматично обмежувати подачу палива. Для України, яка рухається до інтеграції у європейський транспортний простір, актуальним є питання оцінки доцільності впровадження ISA з точки зору безпеки праці водіїв, економічної ефективності та внеску у сталий розвиток транспорту.

Мета дослідження – виконати проєктний аналіз впровадження систем ISA на комерційному автотранспорті в Україні, оцінити вплив на рівень безпеки дорожнього руху, умови праці водіїв, витрати палива та викиди парникових газів.

Методика дослідження. Проєктний аналіз виконано для пілотного впровадження ISA на флоті вантажних автомобілів середнього автотранспортного підприємства (50 транспортних засобів категорії N2-N3, середній пробіг 80 тис. км/рік). Використано метод дисконтованих грошових потоків (DCF) з горизонтом 5 років та дисконтною ставкою 10%. Оцінка впливу на безпеку виконана на основі статистичних моделей ETSC (European Transport Safety Council). Екологічний ефект розрахований за методикою IPCC для транспортного сектору.

Результати дослідження.

1. Технічний опис системи ISA. Згідно з Делегованим регламентом (ЄС) 2021/1958, система ISA складається з двох підсистем: SLIF (Speed Limit Information Function) – функція інформування про обмеження швидкості, яка отримує дані з GPS-карт або розпізнає дорожні знаки за допомогою камери переднього огляду та привід контролю швидкості – втручання у керування дросельною заслінкою або електропривід педалі акселератора, що запобігає перевищенню встановленого ліміту.

ISA працює у трьох режимах :

1. Інформування (базовий рівень) – візуальне або звукове попередження водія;
2. Попередження з опором педалі – збільшення зусилля на педалі газу при наближенні до ліміту;
3. М'яке обмеження – автоматичне зменшення тяги двигуна (водій може перевизначити натисканням педалі).

Для дослідження обрано режим 2 (найпопулярніший у промислових рішеннях) з можливістю тимчасового відключення у критичних ситуаціях.

2. Аналіз ринку обладнання та розрахунок CAPEX. Ринок ISA в Європі динамічно розвивається: станом на червень 2025 року понад 50 автомобільних брендів від 21 виробника

використовують ISA-рішення на основі даних HERE Technologies. Для встановлення на існуючий парк (retrofit) доступні системи від Mobileye, Continental, Bosch.

Таблиця 1

Структура капітальних витрат на впровадження ISA (50 вантажівок)

Стаття витрат	Вартість, грн	Частка, %
Обладнання ISA (50 комплектів по €800)	1 540 000	76,2
GPS-модуль з картографією (50 шт.)	192 500	9,5
Встановлення та калібрування (50 авто)	187 500	9,3
Навчання водіїв (50 осіб × 4 год)	62 500	3,1
Адміністративні витрати	37 500	1,9
CAPEX (сукупний)	2 020 000	100
Питомі витрати (на 1 авто)	40 400	-

Джерело: власні розрахунки на основі цін Bosch Fleet Solutions, Continental (Q3 2025)

Питомі інвестиції становлять 40,4 тис. грн/авто, що порівняно з вартістю нової вантажівки (2,5-4,5 млн грн) становить лише 1,0-1,6% – економічно прийнятний рівень для автопідприємств.

3. Операційні витрати та економія палива. Річні операційні витрати (OPEX) включають:

- Підписка на оновлення карт швидкісних обмежень: 12 тис. грн/рік на весь парк
- Технічне обслуговування системи: 2 тис. грн/авто/рік
- Сумарний OPEX: 112 тис. грн/рік

Ключовою економічною вигодою ISA є зменшення витрат палива. Дослідження Transport & Environment (2021) показали, що ISA знижує середню швидкість на шосе на 3-7%, що призводить до економії дизельного палива на 5-8% . Для флоту 50 вантажівок з середнім споживанням 28 л/100 км та пробігом 80 тис. км/рік:

Річна економія палива: $E_{fuel} = 50 \times 80000 \times 0,28 \times 0,065 = 72800$ л/рік

При ціні дизельного палива 45 грн/л (жовтень 2025 р.): Економія коштів: 3 276 тис. грн/рік

Додаткові економічні ефекти: зменшення зносу гальмівної системи (менше різких гальмувань): +120 тис. грн/рік та зниження кількості штрафів за перевищення швидкості: +85 тис. грн/рік (за даними операторів телематики). Сумарна економічна вигода: 3 481 тис. грн/рік

4. Проектний аналіз ефективності. Розрахунок NPV за 5-річним горизонтом:

Таблиця 2

Грошові потоки проекту впровадження ISA (тис. грн)

Показник	Рік 0	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Рік 4	Рік 5
CAPEX	-2020	-	-	-	-	-
Економія палива	-	3276	3276	3276	3276	3276
Зниження зносу/штрафів	-	205	205	205	205	205
OPEX	-	-112	-112	-112	-112	-112
Чистий грошовий потік	-2020	3369	3369	3369	3369	3369
Дисконтований CF (10%)	-2020	3063	2784	2531	2301	2092

Фінансові результати:

- NPV (5 років) = 10 751 тис. грн
- IRR = 165,7%
- Термін окупності = 0,6 року (7,2 місяці)
- PI (Profitability Index) = 6,32

Проект характеризується надзвичайно високою рентабельністю завдяки швидкій окупності через економію палива, яка в 1,7 рази перевищує початкові інвестиції вже у перший рік експлуатації.

5. Вплив на безпеку дорожнього руху. Аналіз європейських досліджень ETSC показує, що впровадження ISA зменшує кількість ДТП із перевищенням швидкості на 20-30%. Екстраполюючи ці дані на український контекст: загальна кількість ДТП в Україні (7 міс. 2025 р.): 13 738, ДТП через перевищення швидкості (41,5%): 5701, потенційне скорочення ДТП при 100% оснащенні ISA: 1140-1710 аварій/рік, врятовані життя: 228-342 осіб/рік (при летальності 12% від ДТП цієї категорії).

Для пілотного флоту 50 вантажівок (0,015% від загального парку комерційного транспорту України): очікуване зниження ДТП за участю цих авто: з 4,2 до 3,0 аварій/рік (-29%), економія коштів на відшкодування збитків: ~850 тис. грн/рік.

6. Безпека праці водіїв. ISA безпосередньо впливає на умови праці професійних водіїв:

Позитивні ефекти:

- Зниження психоемоційного навантаження: автоматичний контроль швидкості знімає частину когнітивного навантаження, особливо на незнайомих маршрутах;
- Зменшення кількості конфліктних ситуацій з патрульною поліцією (менше штрафів);
- Зниження ризику професійних захворювань через менший стрес (гіпертонія, серцево-судинні захворювання) ;
- Менша імовірність травмування у ДТП: зниження ризику на 25-30%.

Можливі негативні аспекти (за опитуваннями водіїв):

- Відчуття втрати контролю над транспортним засобом (адаптаційний період 2-4 тижні);
- Конфлікти з системою на ділянках з неактуальною картографією швидкісних обмежень (1-2% випадків);
- Необхідність перенавчання для водіїв старшого віку (45+).

Рекомендації щодо безпеки праці:

- Обов'язкове 4-годинне навчання перед експлуатацією ISA (ДСТУ 4716:2007);
- Можливість тимчасового відключення системи у надзвичайних ситуаціях (об'їзд аварії, екстрене маневрування);
- Моніторинг психофізіологічного стану водіїв у перші 3 місяці (анкетування, аналіз телематичних даних).

7. Екологічний ефект (внесок у сталий розвиток). Зниження швидкості руху та плавніший стиль їзди призводять до зменшення викидів CO₂. Розрахунок виконано за емісійним фактором дизельного палива 2,68 кг CO₂/л :

Річне скорочення викидів CO₂: $\Delta CO_2 = 72800 \text{ л} \times 2,68 \text{ кг/л} = 195,1 \text{ т } CO_2/\text{рік}$

За 5 років експлуатації: 975,5 т CO₂.

Це еквівалентно вилученню 212 легкових автомобілів з експлуатації протягом року, посадці 48,7 тис. дерев, забезпеченню електроенергією 140 середніх домогосподарств протягом року (при середньоукраїнській вуглецевій інтенсивності 0,42 кг CO₂/кВт·год).

Додаткові екологічні вигоди:

- Зниження викидів NO_x (оксидів азоту) на 6-8% через роботу двигуна у більш ефективному діапазоні обертів;
- Зменшення шумового забруднення на 2-3 дБ (нижча швидкість = менший аеродинамічний шум).

8. Бар'єри впровадження в Україні. Незважаючи на високу ефективність, масове впровадження ISA в Україні стикається з перешкодами:

1. Нормативні: відсутність адаптації Регламенту (ЄС) 2019/2144 до українського законодавства;

2. Технічні: неповне покриття України актуальними картографічними даними швидкісних обмежень (особливо регіональні дороги);

3. Економічні: обмежений доступ до кредитування для АТП у воєнний час;

4. Соціальні: опір водіїв через недовіру до автоматизації, культура агресивної їзди.

Рекомендації:

- Пілотне впровадження ISA на державних та комунальних автопідприємствах з подальшим масштабуванням;
- Державна програма співфінансування (50% витрат) для комерційного транспорту;
- Партнерство з HERE Technologies / OpenStreetMap для створення відкритої бази даних швидкісних обмежень України;
- Інформаційна кампанія для водіїв про переваги ISA для здоров'я та економії коштів.

Проектний аналіз впровадження ISA на автопарку 50 вантажних автомобілів показав надзвичайно високу економічну ефективність: NPV = 10,8 млн грн, IRR = 165,7%, окупність – 7,2 місяці. Ключовий фактор – економія дизельного палива 3,3 млн грн/рік. Вплив на безпеку дорожнього руху є значним: потенційне зниження ДТП через перевищення швидкості на 20-30%, що для України означає врятування 228-342 життів щорічно при повному оснащенні парку. Екологічний ефект: скорочення викидів CO₂ на 195 т/рік для пілотного флоту (975 т за 5 років), що підтверджує внесок ISA у досягнення цілей сталого розвитку транспорту (ЦСР 11, 13). Безпека праці водіїв підвищується через зниження стресу, ризику травмування у ДТП та зменшення конфліктів з патрульною поліцією. Необхідний адаптаційний період 2-4 тижні з обов'язковим навчанням.

Для успішного впровадження ISA в Україні рекомендується: гармонізація законодавства з ЄС, створення національної бази даних швидкісних обмежень, державна підтримка АТП, інформаційна кампанія для водіїв.

1. European Commission. Regulation (EU) 2019/2144 on type-approval requirements of motor vehicles. *Official Journal of the European Union*. 2019. L 325. P. 1-40.
2. Київ24. Три основні причини ДТП в Україні: статистика загиблих і травмованих за сім місяців. URL: <https://kyiv24.com/en/three-main-causes-road-accidents/> (дата звернення: 29.10.2025).
3. Commission Delegated Regulation (EU) 2021/1958. Requirements for the intelligent speed assistance system. *Official Journal of the European Union*. 2021. L 399. P. 868-879.
4. Noerr. Advanced vehicle systems: ISA to be introduced. URL: <https://www.noerr.com/en/insights/advanced-vehicle-systems-isa-to-be-introduced> (дата звернення: 28.10.2025).
5. ETSC. Intelligent Speed Assistance (ISA). URL: <https://etsc.eu/intelligent-speed-assistance-isa/> (дата звернення: 29.10.2025).
6. IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 2: Energy. Hayama: IGES, 2006. 98 p.
7. European Commission. Delegated Regulation (EU) 2021/1958: Annex I – Technical requirements for ISA. Brussels, 2021. 12 p.
8. Várhelyi A., Hjälm Dahl M., Hydén C., Draskóczy M. Effects of an active accelerator pedal on driver behaviour and traffic safety after long-term use in urban areas. *Accident Analysis & Prevention*. 2004. Vol. 36(5). P. 729-737. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2003.06.001>
9. HERE Technologies. HERE data chosen by majority of automakers for their EU intelligent speed assistance solution. URL: <https://www.here.com/about/press-releases/here-data-chosen-by-majority-of-automakers-for-their-eu-intelligent-speed> (дата звернення: 29.10.2025).
10. Transport & Environment. How speed limiters can cut CO₂, save lives and money. Brussels: T&E, 2021. 28 p.
11. Tse J. L. M., Flin R., Mearns K. Bus driver well-being review: 50 years of research. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2006. Vol. 9(2). P. 89-114. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.10.002>
12. Brookhuis K. A., de Waard D. Monitoring drivers' mental workload in driving simulators using physiological measures. *Accident Analysis & Prevention*. 2010. Vol. 42(3). P. 898-903.
13. EPA. Greenhouse Gas Equivalencies Calculator. URL: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator> (дата звернення: 29.10.2025).
14. Sandberg U., Ejsmont J. A. Tyre/road noise reference book. Kisa: Informex, 2002. 640 p.