

ДОРОЖНІ УМОВИ ТА БЕЗПЕКА РУХУ

УДК 625.7/.8

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, проф.

Райковський В.Ф., ДП “Укрдіпдор”

АНАЛІЗ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТІВ ПРИРОСТУ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ЧАСІ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ

Анотація. У роботі приведені матеріали аналізу зміни коефіцієнтів приросту інтенсивності для восьми основних груп транспортних засобів (легкові автомобілі, вантажні легкі, вантажні середні, вантажні важкі автомобілі, автобуси середні, автобуси важкі, вантажні автомобілі з причепом та напівпричепом), які визначались експериментально за даними візуальних обліків та автоматичних лічильників встановлених на автомобільних дорогах державного значення у період 2005-2014 рр. Підібрані параметри та функції зміни приросту інтенсивності для кожної з груп транспортних засобів.

Ключові слова: автомобільна дорога, транспортний засіб, коефіцієнт приведення.

Аннотация. В работе приведены материалы анализа изменения коэффициентов прироста интенсивности для восьми основных групп транспортных средств (легковые автомобили, грузовые легкие, грузовые средние, грузовые тяжелые автомобили, автобусы средние, автобусы тяжелые, грузовые автомобили с прицепом и полуприцепом), которые определялись экспериментально по данным визуальных учетов и автоматических счетчиков установленных на автомобильных дорогах государственного значения в период 2005-2014 гг. Подобраны параметры и функции изменения прироста интенсивности для каждой из групп транспортных средств.

Ключевые слова: автомобильная дорога, транспортное средство, коэффициент приведения.

Annotation. In the article work the materials analysis of change factors increase the intensity for eight major groups of vehicles (cars, trucks, light, spare, trucks, heavy vehicles, buses, medium buses, heavy trucks, lorries with trailers) which determined experimentally according to visual records and automatic meter installed on state highway during the 2005-2014 years. Individuals have options and features increase the intensity changes for each group of vehicles.

Keywords: road, vehicl, reduction factor.

Вступ

Аналіз стану справ. В Україні середньорічну добову інтенсивність руху визначався відповідно до рекомендацій ВСН 42-87 [1], та ДБН В.2.3-4. Відповідно з яким на автомобільних дорогах годинна інтенсивність визначається безпосередньо натурними спостереженнями або лічильниками автоматичного обліку руху. Для отримання середньорічної добової інтенсивності руху використовують коефіцієнти зміни інтенсивності руху протягом доби, по днях тижня та місяцях враховується відповідним коефіцієнтом нерівномірності руху, який визначається як відношення годинного обсягу руху до добового (K_t), добового об'єму до об'єму за тиждень (K_n), місячного обсягу руху до річного (K_r).

При визначенні інтенсивності руху по даному методу транспортний потік поділяють за типами автомобілів на легкові, вантажні та автобуси. Вантажні автомобілі по вантажопідйомності поділяють на автомобілі з вантажопідйомністю: до 2 тон; від 2 до 5 тон; від 5 до 8 тон; від 8 до 12 тон; понад 12 тон.

Однак, встановити досить точні єдині залежності зміни інтенсивності і складу руху транспортного потоку протягом року неможливо, так як кожна автомобільна дорога має свої особливості формування транспортного потоку. Тому основою для практичного визначення характеристик транспортного потоку для оцінки залишкового ресурсу дорожніх конструкцій є матеріали моніторингу.

На практиці ж часто виходить так, що проектні організації в роботі використовують інтенсивність руху транспортних засобів, визначену за 10-15 років, які передують початку робіт, збільшуючи їх на коефіцієнт приросту інтенсивності, не враховуючи, що відбулися зміни у складі транспортного потоку і параметрів руху автомобілів.

Основи аналізу транспортних потоків відображені в роботах вітчизняних вчених [3-4].

За радянських часів річний приріст інтенсивності руху не перевищував 3-5 % [5].

За результатами перевірки точності прогнозування сумарної інтенсивності руху в США за програмою SCHRP вказує, що різниця між проектним та фактичним значенням може відрізнятись в 2 рази, і це при наявності більше 600 ділянок, на яких проводиться щомісячне визначення параметрів транспортно – експлуатаційного стану і постійний контроль за транспортними потоками [8].

У Німеччині та Польщі для прогнозування зміни інтенсивності руху найчастіше використовують лінійну залежність з показником щорічного приросту 2 – 6% [9].

За даними візуального обліку інтенсивності руху транспортних засобів зібраних за період 2005-2014 рр. в роботах [10-11] виконано аналіз зміни склад транспортного потоку.

Транспортні засоби, які реєструються та аналізуються з пунктів візуального обліку в систему СУСП вносили до 9 груп: легкові автомобілі; автобуси середні; автобуси важкі; легкі вантажні автомобілі вантажопідйомністю до 2,0 т; середні вантажні автомобілі 2,1 - 8,0 т; важкі вантажні автомобілі понад 8 т; автопоїзди понад 8,0 т; сідельні тягачі понад 8,0 т; тролейбуси.

Для проектування конструкцій дорожнього одягу необхідно мати достовірні дані по інтенсивності та зміні складу транспортного потоку в процесі експлуатації автомобільної дороги та фактичні значень параметрів навантажень від сучасних транспортних засобів на покриття (навантаження на вісь, інтенсивність дії навантаження, діаметр відбитку, розрахункова швидкість). Одним із основних параметрів при проектуванні конструкцій дорожнього одягу є коефіцієнт приросту інтенсивності руху.

Для прикладу на наступний рік після введення в експлуатацію автомобільної дороги Київ – Одеса приріст інтенсивності руху замість прогнозованих 4 – 7 %, становив 21% [10-11].

На основі огляду досліджень проведених в нашій країні та закордоном необхідно виконати аналіз сучасних тенденцій зміни коефіцієнтів приросту інтенсивності з часом на перспективу на автомобільних дорогах України.

Отримані дані експериментальних досліджень потребують статистичної обробки та апроксимації з метою встановлення закономірностей зміни коефіцієнтів приросту для різних типів транспортних засобів, які рухаються автомобільними дорогами державного значення України. .

Мета роботи - встановлення параметрів зміни коефіцієнтів приросту для різних типів транспортних засобів, що рухаються автомобільними дорогами України. У даний час в Україні відсутній достовірний метод встановлення даного параметру для транспортного потоку з подальшими помилковими розрахунками які використовуються при проектуванні дорожніх одягів.

Постановка проблеми. За даними які використовуються у проектній справі ріст фактичної інтенсивності руху може бути апроксимований лінійною залежністю, геометричною прогресією та логістичною кривою (табл. 1). Для крупних населених пунктів (під'їзди до м. Києва, Одеси, Дніпропетровськ тощо) апроксимація здійснюється за геометричною прогресією з щорічним приростом інтенсивності руху $q = 4 - 12\%$. Для автодоріг, що проходять близько до обласних центрів, інтенсивність змінюється за лінійним законом з коефіцієнтом щорічного приросту інтенсивності руху $a = 3 - 5\%$ [10 - 11].

Таблиця 1 - Закономірності росту фактичної інтенсивності руху

Залежність	Перспективна середньодобова інтенсивність руху	Сумарна інтенсивність руху за термін служби
Лінійна	$N_{лин}(t) = N_0 (1 + a t)$	$N_{\Sigma}(t) = T_{он} N_0 t (1 + a t/2)$
Геометрична прогресія	$N_t = N_0 (1 + q)^t$	$N_{\Sigma}(t) = T_{он} \cdot N_0 \cdot \frac{(1 + q)^t - 1}{q}$
Логістична крива	$N_t = N_0 (1 + K / (1 + b \exp(-ct)))$	$N_{\Sigma}(t) = T_{он} \cdot N_0 \cdot [t \cdot (1 + K) + \frac{K}{c} \cdot \ln(1 + b \cdot e^{-ct})]$

Основна частина

Методика дослідження. В даний час в Україні використовується автоматизована система обліку руху, вона включає 229 пунктів і систему збору, обробки, передачі та зберігання інформації про інтенсивність руху транспортних потоків на автомобільних дорогах державного значення України [12], однак з 2013 року дана система припинила своє функціонування із-за відсутності фінансування на її обслуговування .

Пункти обліку інтенсивності руху обладнуються технічними засобами, принцип дії яких заснований на різних методах детектування типів автотранспортних засобів. В даний час пункти автоматизованого обліку на автомобільних дорогах загального користування України обладнані технічними засобами, заснованими на електромагнітній індукції і радіолокаційному принципі детектування автотранспортних засобів.

Починаючи з 2006 року на постах автоматизованої системи обліку руху стали використовувати датчики, які поряд з вищенаведеною класифікацією можуть класифікувати транспортні засоби за класифікацією EURO 6:

- легкові;
- автобуси;
- вантажні та автопоїзди до 5 т;
- вантажні та автопоїзди 5 - 12 т;
- вантажні та автопоїзди 12-20 т ,
- вантажні та автопоїзди понад 20 т.

Дана класифікація найбільш прийнятна для аналізу складу руху транспортного потоку, так як вона дозволяє врахувати великовантажні транспортні засоби, які завдають найбільш руйнівного впливу на дорожні конструкції.

Однак, незважаючи на деякі вдосконалення, на постах автоматизованої системи обліку руху неможливо отримати дані про кількість осей багатовісних транспортних засобів, про завантаженість кожної з осей, які є одними з основних параметрів при визначенні навантажень від транспортних засобів на дорожній одяг.

Для порівняння даних отриманих ДП Укрдіпродор та НТУ виконано анкетне опитування дорожніх організацій в системі Укравтодору стосовно зміни інтенсивності транспортного потоку в останні роки.

За даними опитування виконано аналіз зміни складу транспортного потоку по основних типах транспортних засобі та зміни середньої інтенсивності транспортного потоку по роках за наступною методикою.

Склад транспортного потоку визначавсь за формулою

$$N_{тип_трансп} = \frac{N_i}{N_{поток}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де $N_{тип_трансп}$ - відсоток певного типу транспортних засобів в складі руху, %;

N_i - кількість і-тих транспортних засобів розрахункового типу (легкові, автобуси, вантажні ітд.) на розрахунковій ділянці, авт./добу;

$N_{поток}$ - загальна кількість транспортних засобів на розрахунковій ділянці, авт./добу.

Зміну складу транспортного потоку по роках визначалась за формулою

$$N_{прир_инт} = \frac{N_i \%}{N_{i-1} \%}, \quad (2)$$

де $N_{прир_инт}$ - коефіцієнти приросту по типу і-тих транспортних засобів по відношенню до попереднього року;

$N_i \%$ - кількість і-тих транспортних засобів розрахункового типу (легкові, автобуси, вантажні тощо) за розрахунковий рік, %;

$N_{i-1} \%$ - кількість і-тих транспортних засобів розрахункового типу (легкові, автобуси, вантажні тощо) за попередній рік, %.

1. Зміну складу транспортного потоку до початкового року спостереження роках визначалась по формулі

$$N_{прир_инт_поч} = \frac{N_i \%}{N_{баз_сност} \%}, \quad (3)$$

де $N_{прир_инт_поч}$ - коефіцієнти приросту по типу і-тих транспортних засобів по відношенню до базового (початкового) року;

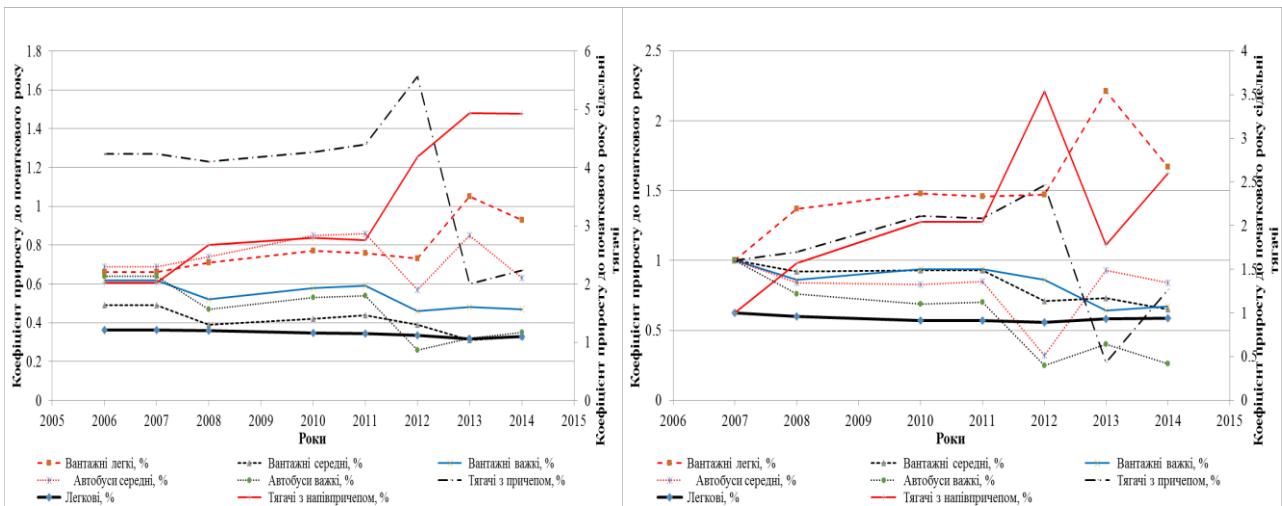
$N_i \%$ - кількість і-тих транспортних засобів розрахункового типу (легкові, автобуси, вантажні ітд.) за розрахунковий рік, %;

$N_{баз_сност}$ - кількість і-тих транспортних засобів розрахункового типу (легкові, автобуси, вантажні тощо) за базовий (початковий) рік, %.

За даними виконаного аналізу (табл. 1) наведено результати зміни приросту інтенсивності до попереднього року на автомобільних дорогах державного значення за період 2005-2015 років рис. 1.

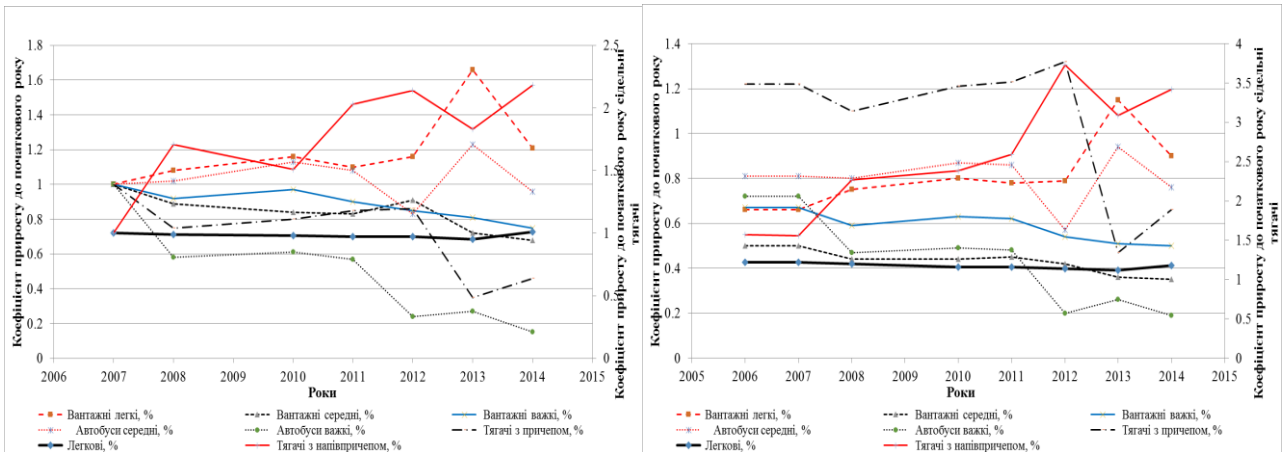
Таблиця 1 - Зміна складу транспортного потоку на автомобільних дорогах державного значення України (міжнародного, національного та регіонального значення) за даними обліку руху 2005-2014 років

Рік	Легкові, %	Вантажні легкі, %	Вантажні середні, %	Вантажні важкі, %	Автобуси середні, %	Автобуси важкі, %	Тягачі з напівпри- чепом, %	Тягачі з причепом , %
Міжнародні								
2005	54,38	14,65	10,36	8,75	3,30	2,56	2,81	3,41
2006	65,91	9,74	5,08	5,41	2,28	1,63	5,68	4,34
2007	65,91	9,74	5,08	5,41	2,28	1,63	5,68	4,34
2008	65,50	10,46	4,06	4,53	2,45	1,21	7,50	4,21
2010	62,86	11,34	4,35	5,07	2,80	1,35	7,84	4,37
2011	62,70	11,09	4,56	5,15	2,83	1,38	7,72	4,49
2012	61,11	10,73	4,07	4,03	1,88	0,66	11,74	5,68
2013	57,55	15,45	3,25	4,19	2,81	0,83	13,87	2,06
2014	59,67	13,66	3,43	4,14	2,09	0,90	13,84	2,27
Національні								
2006	68,90	8,08	5,03	6,28	3,37	1,74	3,16	3,43
2007	68,90	8,08	5,03	6,28	3,37	1,74	3,16	3,43
2008	66,11	11,07	4,65	5,41	2,83	1,33	4,96	3,63
2010	62,46	12,00	4,69	5,92	2,78	1,20	6,43	4,51
2011	62,60	11,84	4,67	5,92	2,86	1,22	6,44	4,45
2012	61,16	11,88	3,59	5,41	1,08	0,44	11,16	5,27
2013	64,10	17,82	3,69	4,00	3,13	0,70	5,63	0,93
2014	64,77	13,51	3,30	4,21	2,83	0,46	8,20	2,72
Регіональні								
2006	65,03	10,50	5,68	6,04	2,66	1,88	3,68	4,53
2007	65,11	10,48	5,66	6,03	2,65	1,88	3,67	4,52
2008	64,41	11,35	5,03	5,57	2,72	1,10	6,30	3,41
2010	63,86	12,20	4,76	5,83	3,01	1,14	5,54	3,61
2011	62,93	11,54	4,69	5,46	2,88	1,07	7,46	3,86
2012	63,07	12,22	5,15	5,15	2,21	0,46	7,87	3,87
2013	61,48	17,45	4,11	4,87	3,26	0,51	6,71	1,61
2014	65,88	12,75	3,88	4,55	2,56	0,28	8,03	2,06



а)

б)



в)

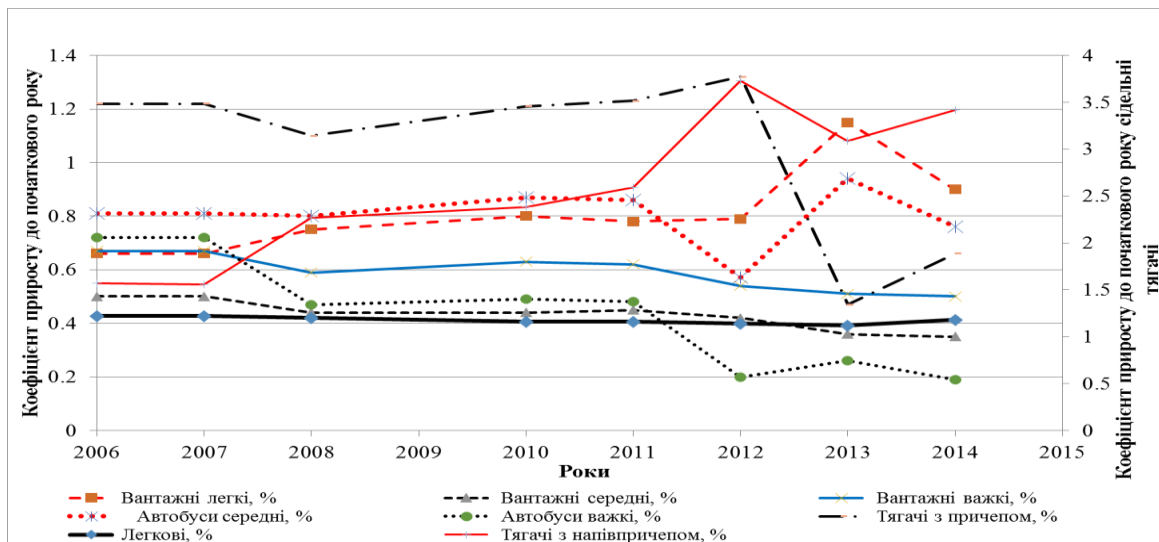
г)

Рисунок 1 - Зміна коефіцієнту транспортного потоку по типах транспортних засобів на автомобільних дорогах а) міжнародного значення, б) національного значення, в) регіонального значення г) загальна по дорогах за період 2005-2014 років

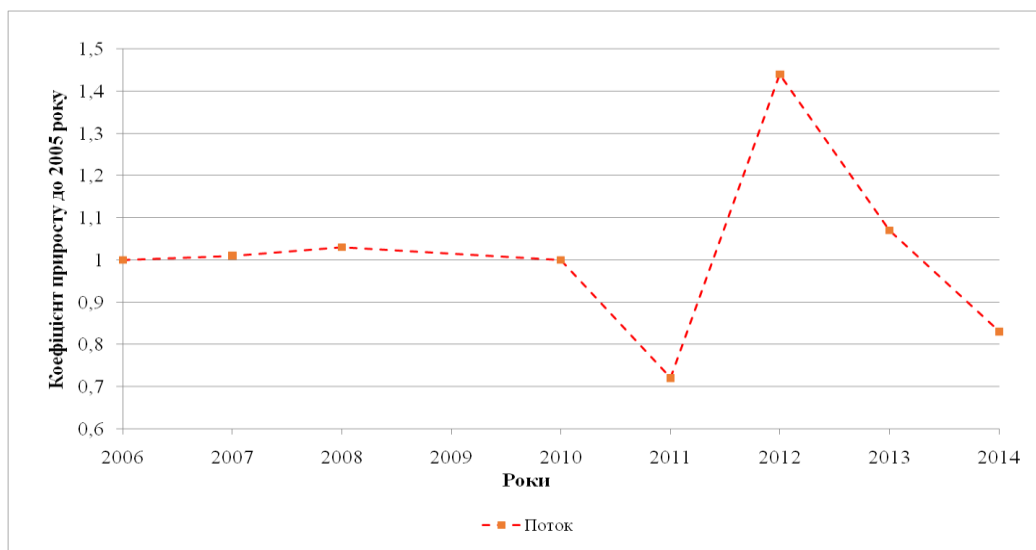
На рис. 2 наведені дані зміни коефіцієнту приросту інтенсивності до першого року спостереження.

Таблиця 2 - Коефіцієнти приросту транспортного потоку по типах транспортних засобів на автомобільних дорогах державного значення за період 2005-2014 років

Роки	Легкові, %	Вантажні легкі, %	Вантажні середні, %	Вантажні важкі, %	Автобуси середні, %	Автобуси важкі, %	Тягачі з напівприцепом, %	Тягачі з причепом, %
Міжнародного значення								
2006	1.21	0.66	0.49	0.62	0.69	0.64	2.02	1.27
2007	1.21	0.66	0.49	0.62	0.69	0.64	2.02	1.27
2008	1.2	0.71	0.39	0.52	0.74	0.47	2.67	1.23
2010	1.16	0.77	0.42	0.58	0.85	0.53	2.79	1.28
2011	1.15	0.76	0.44	0.59	0.86	0.54	2.75	1.32
2012	1.12	0.73	0.39	0.46	0.57	0.26	4.18	1.67
2013	1.06	1.05	0.31	0.48	0.85	0.32	4.94	0.6
2014	1.1	0.93	0.33	0.47	0.63	0.35	4.92	0.67
Національного значення								
2007	1	1	1	1	1	1	1	1
2008	0.96	1.37	0.92	0.86	0.84	0.76	1.57	1.06
2010	0.91	1.48	0.93	0.94	0.83	0.69	2.04	1.32
2011	0.91	1.46	0.93	0.94	0.85	0.7	2.04	1.3
2012	0.89	1.47	0.71	0.86	0.32	0.25	3.54	1.54
2013	0.93	2.21	0.73	0.64	0.93	0.4	1.78	0.27
2014	0.94	1.67	0.65	0.67	0.84	0.26	2.6	0.79
Регіонального значення								
2007	1	1	1	1	1	1	1	1
2008	0.99	1.08	0.89	0.92	1.02	0.58	1.71	0.75
2010	0.98	1.16	0.84	0.97	1.13	0.61	1.51	0.8
2011	0.97	1.1	0.83	0.9	1.08	0.57	2.03	0.85
2012	0.97	1.16	0.91	0.85	0.83	0.24	2.14	0.86
2013	0.95	1.66	0.72	0.81	1.23	0.27	1.83	0.35
2014	1.01	1.21	0.68	0.75	0.96	0.15	2.18	0.46
Загальна								
2006	1.22	0.66	0.5	0.67	0.81	0.72	1.57	1.22
2007	1.22	0.66	0.5	0.67	0.81	0.72	1.56	1.22
2008	1.2	0.75	0.44	0.59	0.8	0.47	2.27	1.1
2010	1.16	0.8	0.44	0.63	0.87	0.49	2.38	1.21
2011	1.16	0.78	0.45	0.62	0.86	0.48	2.59	1.23
2012	1.14	0.79	0.42	0.54	0.57	0.2	3.73	1.32
2013	1.12	1.15	0.36	0.51	0.94	0.26	3.09	0.47
2014	1.18	0.9	0.35	0.5	0.76	0.19	3.42	0.66



а)



б)

Рисунок 2 - Зміна приросту транспортного потоку по відношенню до 2005 року а) для всіх груп транспортних засобів, б) для загального транспортного потоку.

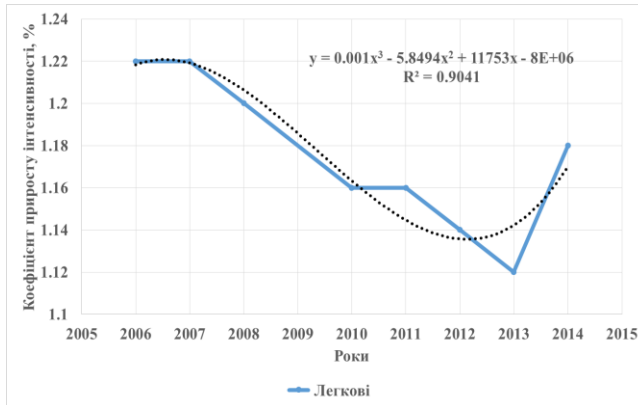
На рис. 3 наведено більш детальні дані зміни коефіцієнту приросту інтенсивності та закономірності їх зміни для різних типів транспортних засобів.

За даними аналізу обліку інтенсивності на автомобільних дорогах державного значення України встановлено, що зміна приросту інтенсивності руху не відповідає закону геометричної прогресії, як приймається на сьогоднішній день в проектних роботах.

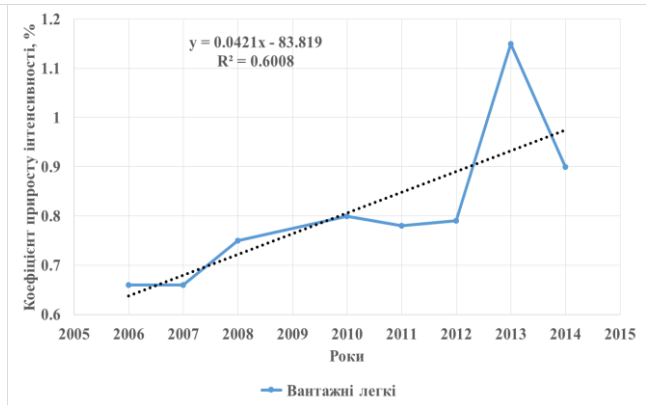
Так для легкових автомобілів коефіцієнт приросту постійна величина, коефіцієнт приросту для автобусів зменшився з 0,67 до 0,5 для середніх та з 0,81 до 0,67 для важких. Найбільш значимо спостерігається ріст коефіцієнту

приросту вантажних легких автомобілів з 0,66 до 1,15 (в 1,74 рази) та сідельних тягачів з напівпричепами з 1,57 до 3,73 тобто в 2,37 рази.

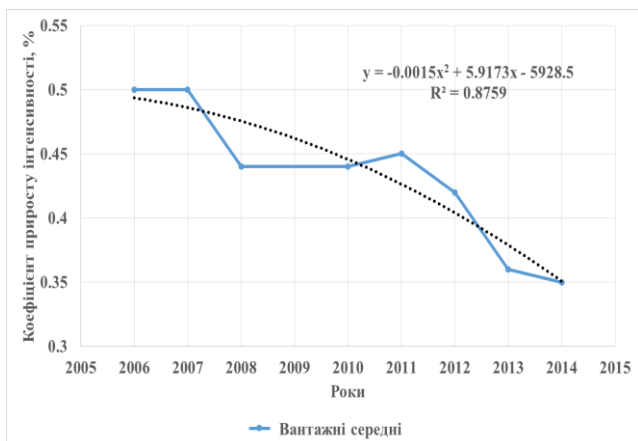
Для вантажних автомобілів з причепом до 2012 року коефіцієнт інтенсивності руху практично був постійним і рівним 1,2, а в останні роки зменшився більше як в 2 рази.



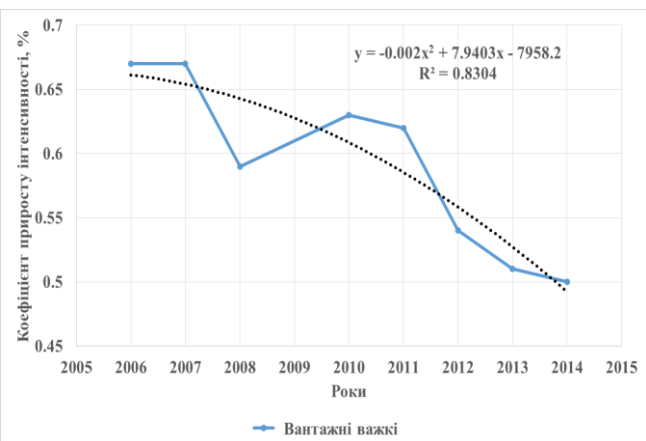
а)



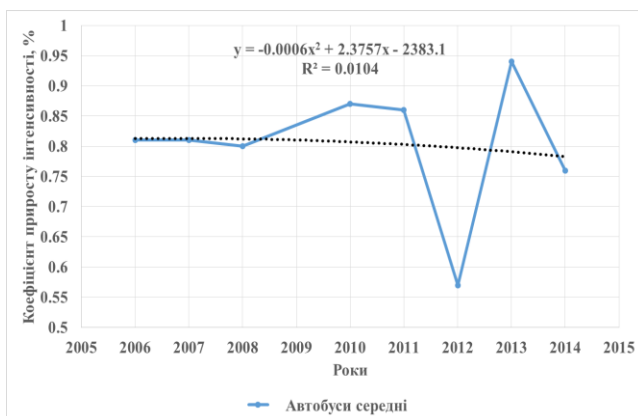
б)



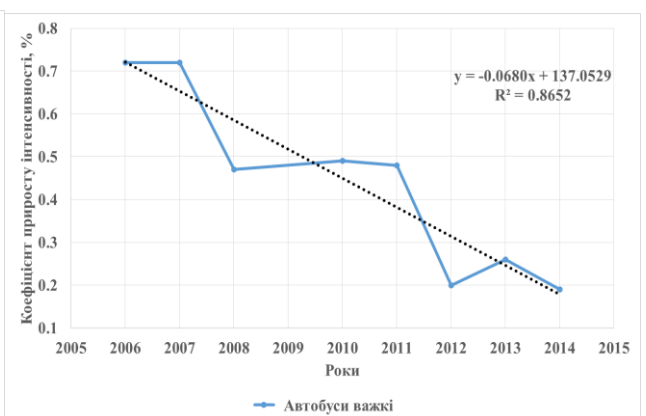
в)



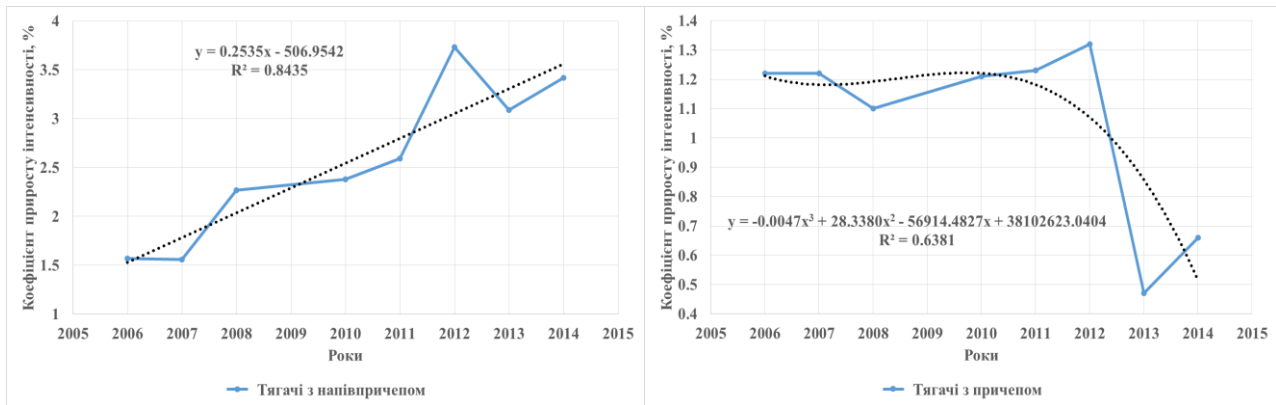
г)



д)



е)



ж)

з)

Рисунок 3 – Зміна приросту інтенсивності за період 2005-2014 роки: а) легкових автомобілів; б) вантажних легких; в) вантажних середніх; г) вантажних важких автомобілів; д) автобусів середніх (до 30 пасажирів); е) автобусів важких (понад 30 пасажирів); ж) вантажних автомобілів з напівприцепом (сідельний тягач); з) вантажних автомобілів з причепом

Для вантажних автомобілів з напівприцепом (сідельний тягач) спостерігається практично лінійна залежність зростання інтенсивності руху з коефіцієнтом щорічного приросту 0,2535 (коефіцієнт кореляції 0,84).

Висновки

У результаті роботи встановлено, що неможливо встановити математичні закономірності, які дають змогу прогнозувати зміну приросту інтенсивності та складу транспортного потоку із заданою ймовірністю, що необхідно при розрахунках конструкцій дорожнього одягу на динамічну дію навантаження.

Коефіцієнти зміни приросту інтенсивності не можуть бути апроксимовані єдиною залежністю протягом десятилітнього періоду. При нестабільній економіці їх неможливо прогнозувати із заданою надійністю. Похибка між проектними та фактичними значеннями може становити 400...600 %. Залишається шлях безпосереднього вимірювання і постійного спостереження для отримання достовірних даних.

На основі отриманих даних є можливість приведення фактичної інтенсивності руху до розрахункового нормативного навантаження, для цього необхідно розглянути марки конкретних транспортних засобів вітчизняного та закордонного виробництва, які найбільш часто рухаються автошляхами України та визначити сумарну інтенсивність руху розрахункових осей за весь строк служби, для чого необхідно продовжити збір даних про інтенсивності руху для отримання лагів протяжністю 10 – 15 років.

Отримані значення зміни приросту інтенсивності вантажних автомобілів необхідно використовувати при:

- проектуванні конструкцій дорожніх одягів жорсткого та нежорсткого типів;
- розрахунку мостів та труб;
- контролі на пунктах вагового контролю (стаціонарних та пересувних);
- розробці конструктивних схем автомобілів;
- розрахунку плати за проїзд та визначенні рівня фінансування дорожньої галузі;
- розробці нормативних документів, так як на даний момент в Україні відсутній стандарт, який регулює нормативні навантаження та габарити автотранспортних засобів, що рухаються автомобільними дорогами України.

Література

1. Инструкция по проведению экономических изысканий для проектирования автомобильных дорог // Москва, Минтрансстрой СССР, 1988. – 30 с.
2. ДБН 2.3 - 4 : 2007 Автомобільні дороги. К.: Мінрегіонбуд, 2007.
3. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./ Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).
4. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку : методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – К. : Знання України, 2008. – 175 с.
5. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. М.: Транспорт. 1977. – 304 с.
6. Илиополов С. К., Конорев А.С. Расчет суммарного воздействия транспортных нагрузок современного потока грузовых автомобилей// «Строительство – 2010»: Междунар. науч.-практ. конф. Ростов-н/Д: РГСУ. 2010. С. 29 – 30.
7. Конорев А.С. Анализ характеристик транспортного потока для совершенствования методики учета нагрузок от транспортных средств при расчете дорожных конструкций //Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 22(41). С. 26-32.
8. Superior Performing Asphalt Pavements (Superpave)'. The Product of the SHRP Asphalt Research Program // Highway Research Program National Research Council Washington, DC 1994.
9. Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 01 Ausgabe 2001 nur zur Bearbeitung des Belegs Straßenentwurf 1, 2001. – 71 p.
10. Гамеляк І.П. Надійність встановлення розрахункових параметрів навантаження на конструкції дорожніх одягів // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - №76. - Київ, НТУ, 2009. - С. 3 - 13.
11. Гамеляк І.П, Райковський В.Ф Встановлення параметрів режиму руху транспортних засобів для проектування дорожнього одягу// Теорія і практика будівництва. - Львів.: Вісник НУ Львівська політехніка, № 662, 2010. – 116 - 125 с.
12. Лозниця В.В., Вортингтон Дж., Буланов О.К. Автоматизований облік транспортних потоків // Автошляховик України. - №3; 2000. - С. 46 - 47.

Рецензенти

Є.Б. Угненко, д-р техн. наук, ХНАДУ (Харків)
 В.М. Нагайчук, канд. техн. наук, ДП “ДерждорНДІ” (Київ)

Reviewers

Ye.B. Uhenko, Dr.Tech.Sci., KhNAHU (Kharkiv)
 V.M. Nahaychuk., Ph.D., “DerzhdorNDI” (Kyiv)