




RS Global  
Journals

Scholarly Publisher  
RS Global Sp. z O.O.  
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773  
Tel: +48 226 0 227 03  
Email: editorial\_office@rsglobal.pl

---

<b>JOURNAL</b>	World Science
<b>p-ISSN</b>	2413-1032
<b>e-ISSN</b>	2414-6404
<b>PUBLISHER</b>	RS Global Sp. z O.O., Poland
<b>ARTICLE TITLE</b>	ДО ПИТАННЯ АКТУАЛІЗАЦІЇ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ
<b>AUTHOR(S)</b>	Andrii Vozniuk, Volodymyr Kaskiv
<b>ARTICLE INFO</b>	Andrii Vozniuk, Volodymyr Kaskiv. (2020) Towards Traffic Flow Modelling Approaches Updating. World Science. 9(61). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30122020/7340
<b>DOI</b>	<a href="https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7340">https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7340</a>
<b>RECEIVED</b>	12 October 2020
<b>ACCEPTED</b>	07 December 2020
<b>PUBLISHED</b>	12 December 2020
<b>LICENSE</b>	 This work is licensed under a <b>Creative Commons Attribution 4.0 International License</b> .

---

© The author(s) 2020. This publication is an open access article.

## ДО ПИТАННЯ АКТУАЛІЗАЦІЇ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

*Andrii Vozniuk, Head of Department of Intelligent Transportation Systems of State Road Agency of Ukraine (Ukravtodor), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7611-9652>*

*Volodymyr Kaskiv, PhD, Associate Professor, State Enterprise «M. P. Shulgin State Road Research Institute», ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8074-6798>*

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/30122020/7340](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7340)

---

### ARTICLE INFO

**Received:** 12 October 2020

**Accepted:** 07 December 2020

**Published:** 12 December 2020

---

### KEYWORDS

safety, road, length, weigh in motion, method, model, movement, velocity.

---

### ABSTRACT

The paper describes an analysis of the traffic flow characteristics and individual vehicle characteristics used for design decisions. Traffic flow statistic obtained with the help of Weigh in Motion System is presented. The brief analysis of the main traffic flow characteristics is performed, the need for traffic flow modelling approaches updating is outlined.

---

**Citation:** Andrii Vozniuk, Volodymyr Kaskiv. (2020) Towards Traffic Flow Modelling Approaches Updating. *World Science*. 9(61). doi: [10.31435/rsglobal\\_ws/30122020/7340](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122020/7340)

---

**Copyright:** © 2020 **Andrii Vozniuk, Volodymyr Kaskiv**. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

---

**Вступ.** В минулому столітті, разом зі зростанням кількості автомобілів та формування їхнього руху на дорогах в потоки, виникла потреба в дослідженнях особливостей взаємодії транспортних засобів між собою та середовищем, в часі та просторі, які в подальшому створили окремий напрямок транспортно-інженерної теорії – теорію транспортного потоку.

Завдяки поєднанню зусиль теоретиків (математиків, фізиків, психологів та інших) та практиків (транспортних інженерів) здійснювалось постійне вдосконалення як складових автомобільної дороги, так і методів, моделей та алгоритмів прогнозування інтенсивності руху, розподілу інтенсивності руху на мережі автомобільних доріг, засобів та методів організації дорожнього руху, систем керування дорожнім рухом тощо.

Варто зауважити, що впродовж останніх десятиліть у багатьох країнах, регіонах, великих містах та агломераціях довкола них або вичерпуються або наближаються до вичерпування можливості екстенсивного розвитку транспортних мереж. За таких умов на перший план виступає якість проектування автомобільних доріг та вулиць, ефективність їх функціонування та безпеки руху, оптимальне транспортне планування, вдосконалення організації дорожнього руху, а також розвиток та оптимізація маршрутів громадського транспорту. Вирішення проблем та завдань планування розвитку транспортних мереж та керування транспортними потоками неможливе без математичного моделювання.

В свою чергу, будь-яка модель потребує постійного розвитку, щоб належним чином відтворювати поведінку модельованої системи, особливо такого складного, багатофакторного та змінного в часі та просторі середовища, як транспортний потік. Важливу роль у калібруванні параметрів моделі грають дані натурних спостережень за параметрами транспортної мережі та транспортного потоку.

**Постановка проблеми.** Починаючи зі створення Брюсом Гріншильдсом у 1934 році першої (фундаментальної) моделі транспортного потоку, яка показала залежність дистанції між

транспортними засобами (headway) та їх швидкістю, до сьогодні було розроблено ще, щонайменше, 62 моделі [1] та [2]. Моделювання важливе для розуміння поведінки транспортного потоку та формування ефективних стратегій керування дорожнім рухом. Затори, дорожньо-транспортні пригоди та різкі зміни умов руху спричиняють взаємодією транспортних засобів. Водії реагують на дорожню ситуацію у напрямку руху, що знаходить відображення у зміні дистанції та швидкості транспортного засобу. В наш час інструменти моделювання транспортного потоку використовуються як для довгострокового планування, так і для короткострокових прогнозів на основі фактичних даних про дорожній рух. У майбутньому моделі та інструменти моделювання можуть (і повинні) бути вдосконалені для ефективного застосування, наприклад, автомобільних автопілотів, адаптивного круїз-контролю, динамічного керування дорожнім рухом та планування шляхів евакуації у випадку надзвичайних ситуацій.

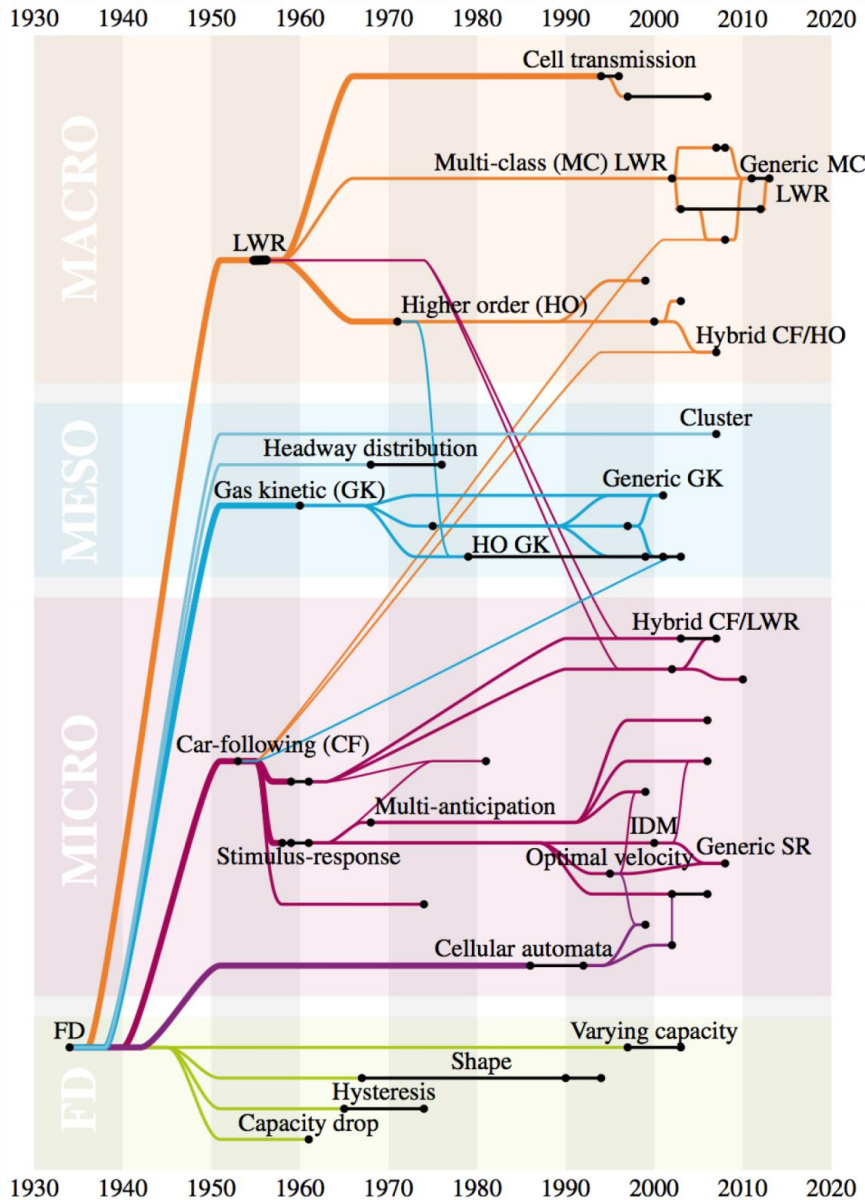


Рис. 1. Узагальнена діаграма розвитку моделювання транспортного потоку [2]

Примітки: 1. Кожна точка означає модель. 2. Чорна лінія показує, що та сама або дуже подібна модель була запропонована декілька разів різними дослідниками

В цілому, розрізняють (рис. 1) 4 рівня (підходи) до моделювання транспортного потоку [1], [2] та [3]:

- **фундаментальний (FD)**, який не враховує зміну дистанції та швидкості в часі;
- **мікроскопічний (MICRO)**, який ґрунтується на характеристиках різних типів транспортних засобів (автомобілі, автобуси, вантажівки, мотоцикли тощо) та їх взаємодії один з

одним. Цей підхід має на меті аналіз таких параметрів, як інтенсивність, щільність, швидкість, час руху та час затримки, довгі черги, зупинки, забруднення довкілля, витрата палива та ударні хвилі;

- **макроскопічний (MACRO)**, який вивчає транспортні потоки як єдине ціле (середовище). Враховуються лише агреговані змінні, такі як середня щільність, середня інтенсивність та середня швидкість. Для того, щоб врахувати відмінності між типами транспортних засобів (наприклад, легкові та вантажні автомобілі), розроблені багатокласові версії макроскопічних моделей;

- **мезоскопічний (MESO)**, який є проміжним між мікроскопічним та макроскопічним підходами, описуючи рух транспортних засобів як розподіл ймовірностей, причому, використовуючи правила поведінки, визначені для окремих транспортних засобів

Слід зауважити, що класифікація моделей транспортного потоку може здійснюватися за іншими критеріями, такими як постійні чи дискретні змінні, рівень деталізації, стохастичне або детерміноване представлення процесу, масштаб застосування, тип рівнянь моделі (диференціальні або дискретні) або кількість фаз, описаних моделлю тощо [1].

Відповідно до вимог чинних нормативних документів, українські транспортні інженери під час проектування автомобільних доріг, дорожніх одягів та організації дорожнього руху, визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів, планування робіт з ремонту та утримання автомобільних доріг, аналізу аварійності та оцінювання умов безпеки руху на автомобільних дорогах використовують переважно мікроскопічний підхід до моделювання транспортного потоку (табл. 1).

Таблиця 1. Основні параметри (характеристики) транспортного потоку або окремих транспортних засобів, які використовуються для проектних рішень

№	Шуканий(і) параметр(и)	Використовуваний параметр (характеристика)				
		інтенсивність руху	швидкість руху	навантаження на вісь	склад потоку	довжина транспортного засобу
1	Категорія проєктованої автомобільної дороги згідно з 4.1.2 [4]	приведена або фактична				
2	Геометричні елементи проєктованої автомобільної дороги згідно з 4.2.1 та 4.3 [4]		розрахункова	нормативне		нормативна
3	Кількість та ширина основних смуг руху згідно з 5.1.4 [4] та додаткових згідно з 5.1.25 [19] смуг руху	приведена				
4	Конструкція дорожнього одягу згідно з 8.1 [4] та 6.2 [5]	перспективна		нормативне	фактичний	
5	Пропускна здатність згідно з 5.2 [7]		розрахункова		питомий	усереднена
6	Показник невідповідності згідно з 8 [7]		розрахункова		питомий	усереднена
7	Коефіцієнт пригод згідно з 7.1.2 або коефіцієнт небезпеки згідно з 7.1.3 [8]	фактична				
8	Комфортність руху згідно з 7.2.4 [8]	фактична	фактична			

Так склалось історично, що основні підходи до виконання розрахунків були закладені ще в 70-х – 80-х роках ХХ століття і з того часу, за окремими та нечисленними винятками, не актуалізувались. Це факт дуже показово підтверджується програмами навчання та методичними вказівками до виконання курсових проєктів, викладених на офіційних сайтах українських технічних коледжів та університетів, наприклад, для дисципліни «Проектування автомобільних доріг».

Враховуючи кількісні та якісні зміни, які відбулись з транспортною галуззю України [9] та [10], все більш нагальною є потреба у здійсненні досліджень, які дозволять, щонайменше, дізнатись фактичні параметри сучасних транспортних потоків та їх вплив на мережу автомобільних доріг та споруди транспорту. Це, в свою чергу, дозволить використовувати світові здобутки з транспортного моделювання [1] та в повній мірі забезпечити реалізацію Національної транспортної стратегії [11].

Одним із напрямків проведення досліджень є аналіз даних, які збираються WIM, починаючи з вересня 2019 року. Під час процесу зважування для кожного транспортного засобу визначаються: дата вимірювання (до мілісекунди за світовим часом), габарити (довжина, ширина, висота), кількість осей та відстань між ними, відстань від першої/останньої вісі до переднього/заднього бампера (звис), загальна маса та навантаження на кожен вісь, смуга та напрям руху, швидкість руху та державний номер.

Аналізуючи зібрані дані можна розрахувати за будь-який проміжок часу наступні характеристики транспортного потоку [12]:

- інтенсивність руху;
- щільність руху (в тому числі довжини транспортних засобів та дистанцію між ними);
- склад руху (класи транспортних засобів за EURO6 або EURO13);
- швидкість руху (середню арифметичну, середню гармонійну, % забезпечення тощо).

Крім того, за допомогою даних WIM можна встановити обсяг транзитних перевезень.

**Актуалізація даних про довжину транспортних засобів.** Довжина транспортних засобів є важливим параметром для моделювання транспортного потоку на мікроскопічному та макроскопічному рівнях. Довжина транспортних засобів взагалі та кожен геометричний параметр зокрема є визначальними під час проектування елементів автомобільної дороги, наприклад, кривих у плані та профілі, ширини смуги руху, розширень на кривих, місць для зупинки та стоянки транспортних засобів тощо. Крім того, проведені дослідження відзначають ситуаційну зміну габаритів транспортних засобів залежно від часу доби та місця проведення спостережень [13], від потреб учасників руху [14], вплив довгомірних транспортних засобів (вантажівок та автопоїздів) на безпеку дорожнього руху [15] та [16].

Як було вказано в п. 5 та 6 табл. 1, для моделювання транспортного потоку використовуються наступні довжини транспортних засобів: легковики – 4,2 м, вантажівки – 7,0 м, автопоїзди – 12,0 м та автобуси – 10,5 м.

За даними WIM, за період з 01.06.2020 до 28.12.2020 на українських дорогах зафіксовані наступні довжини транспортних засобів (рис. 2 - 11). Похибка вимірювань становить 2%.

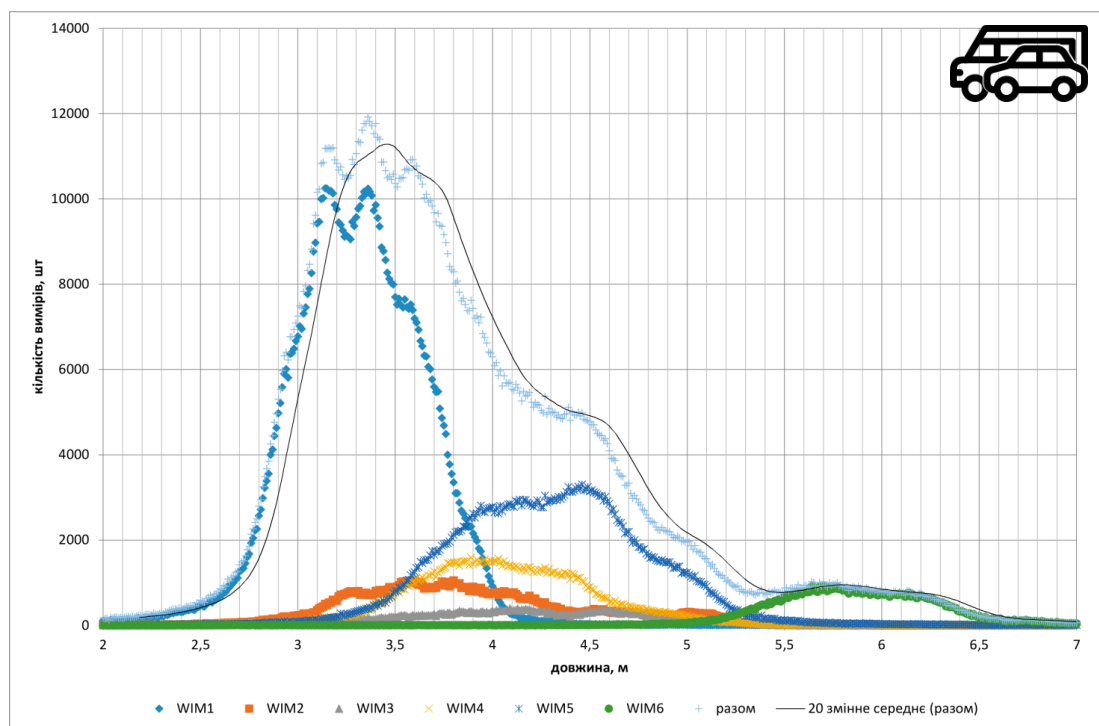


Рис. 2. Довжини легкових автомобілів та мікроавтобусів

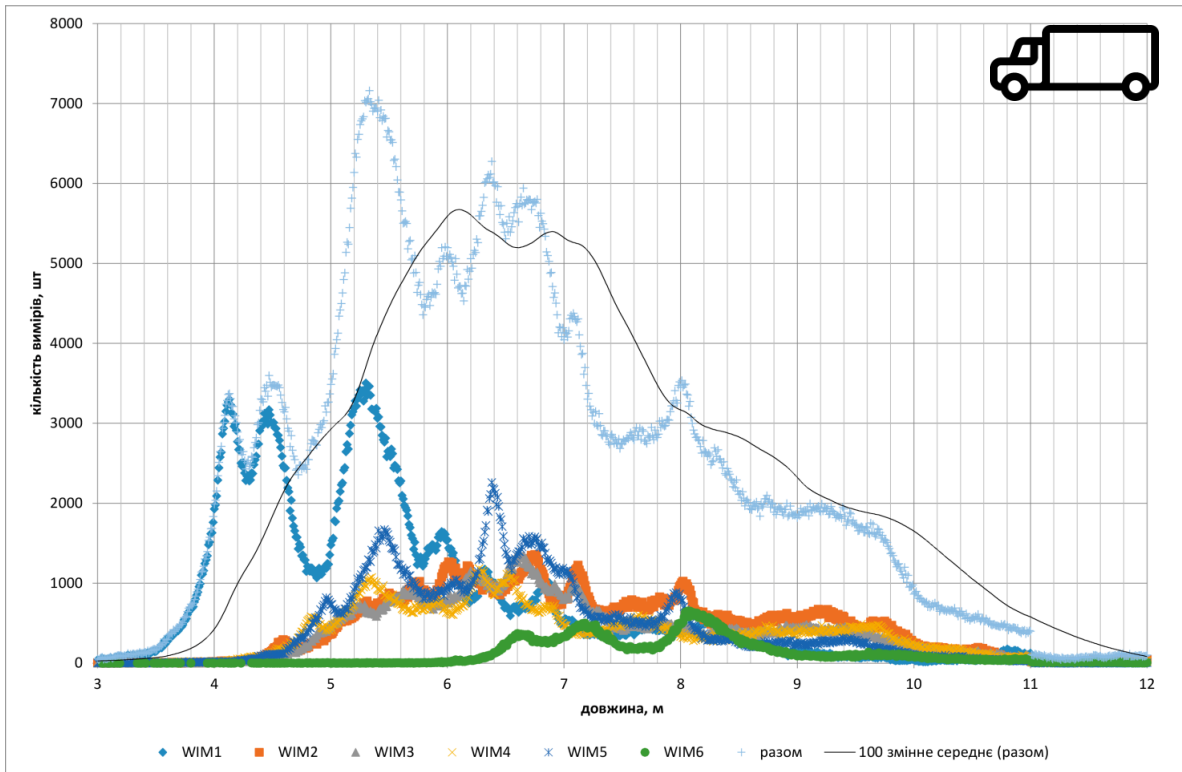


Рис. 3. Довжини двовісних вантажних автомобілів

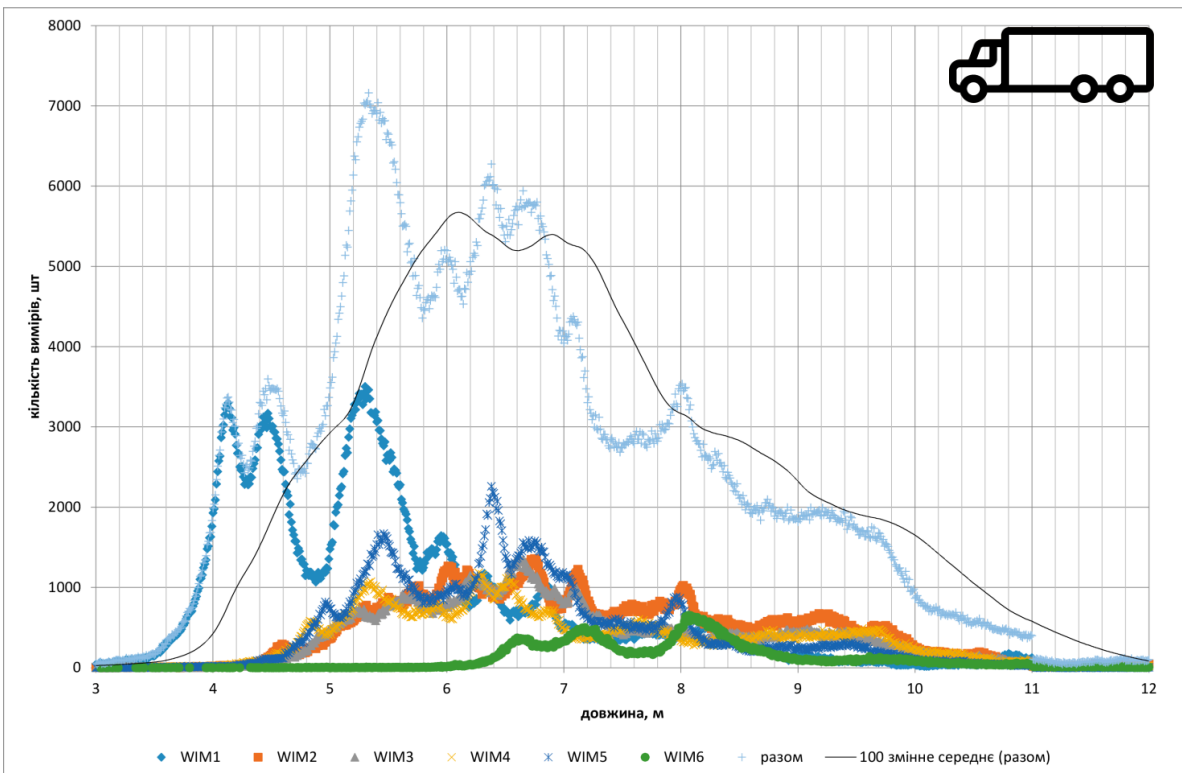


Рис. 4. Довжини тривісних вантажних автомобілів



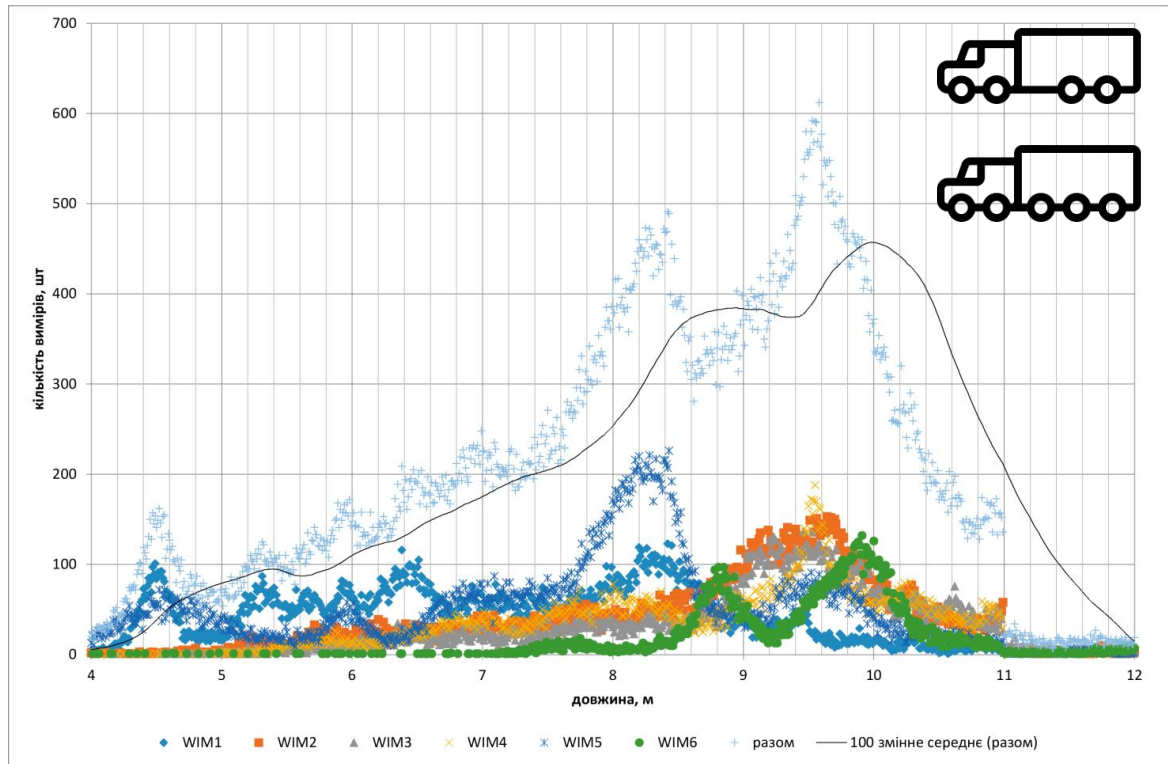


Рис. 5. Довжини чотиривісних та п'ятивісних вантажних автомобілів

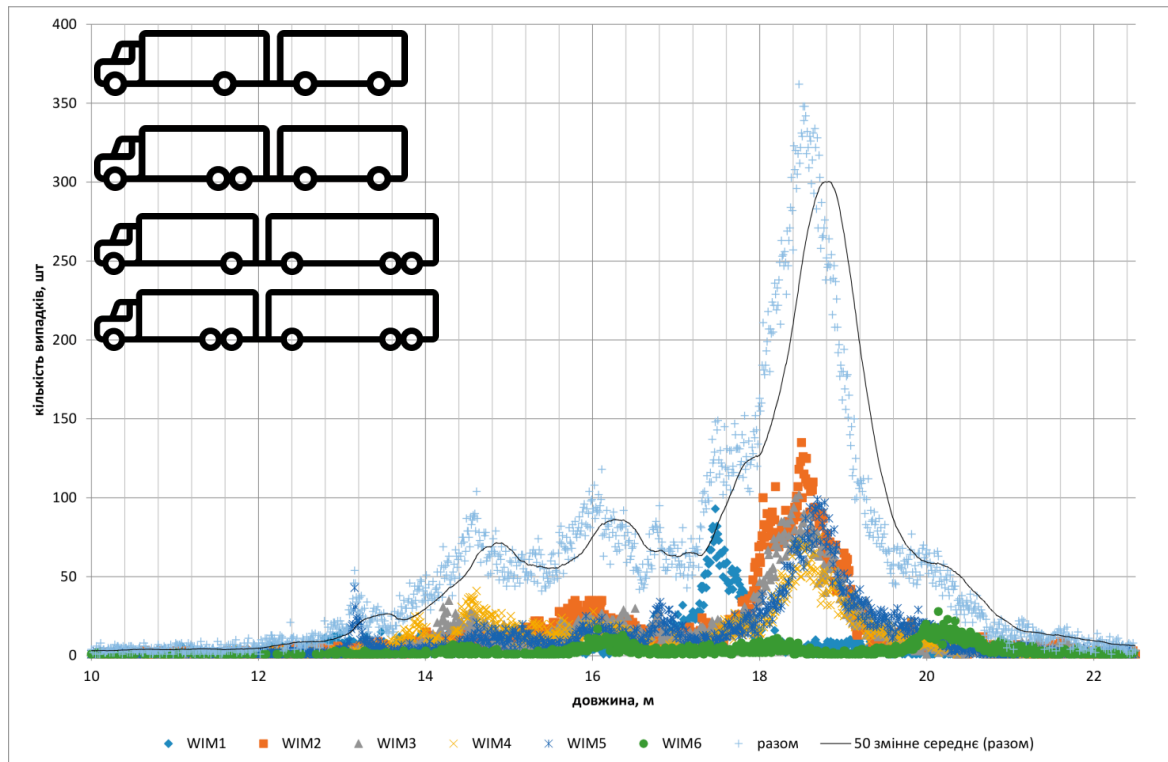


Рис. 6. Довжини двовісних та тривісних вантажних автомобілів з двовісними та тривісними причепами

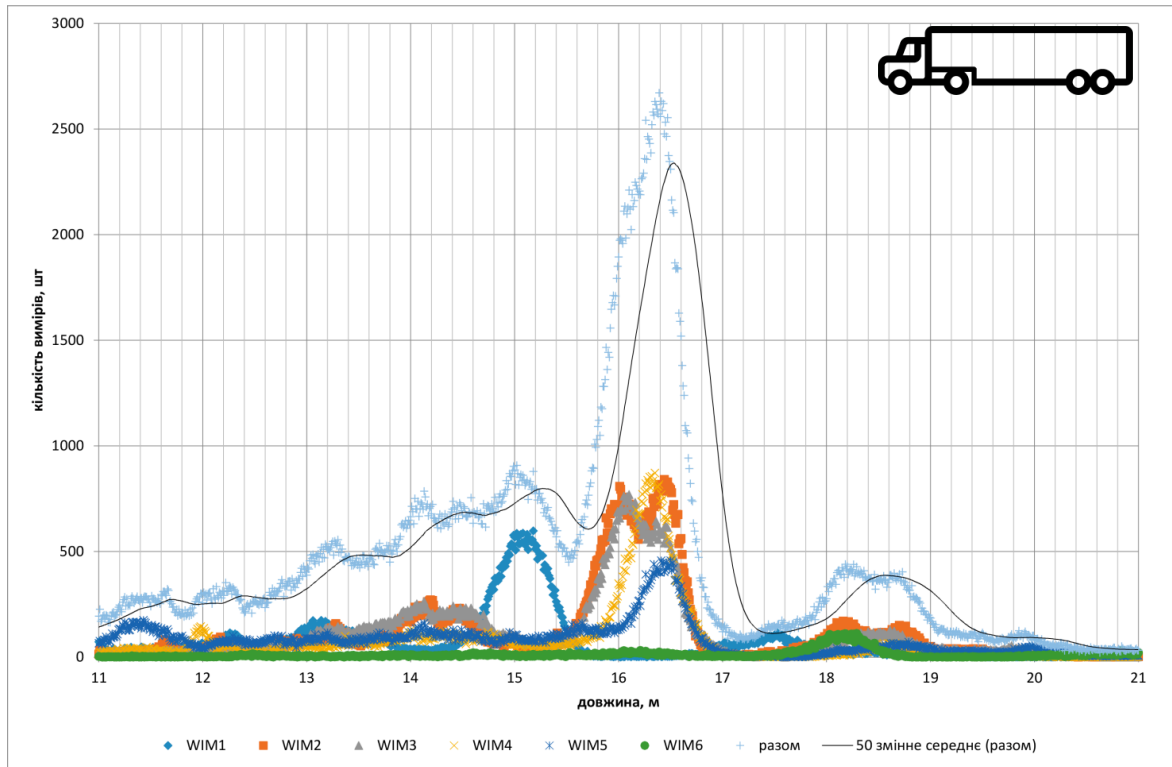


Рис. 7. Довжини двовісних тягачів з двовісними напівпричепами

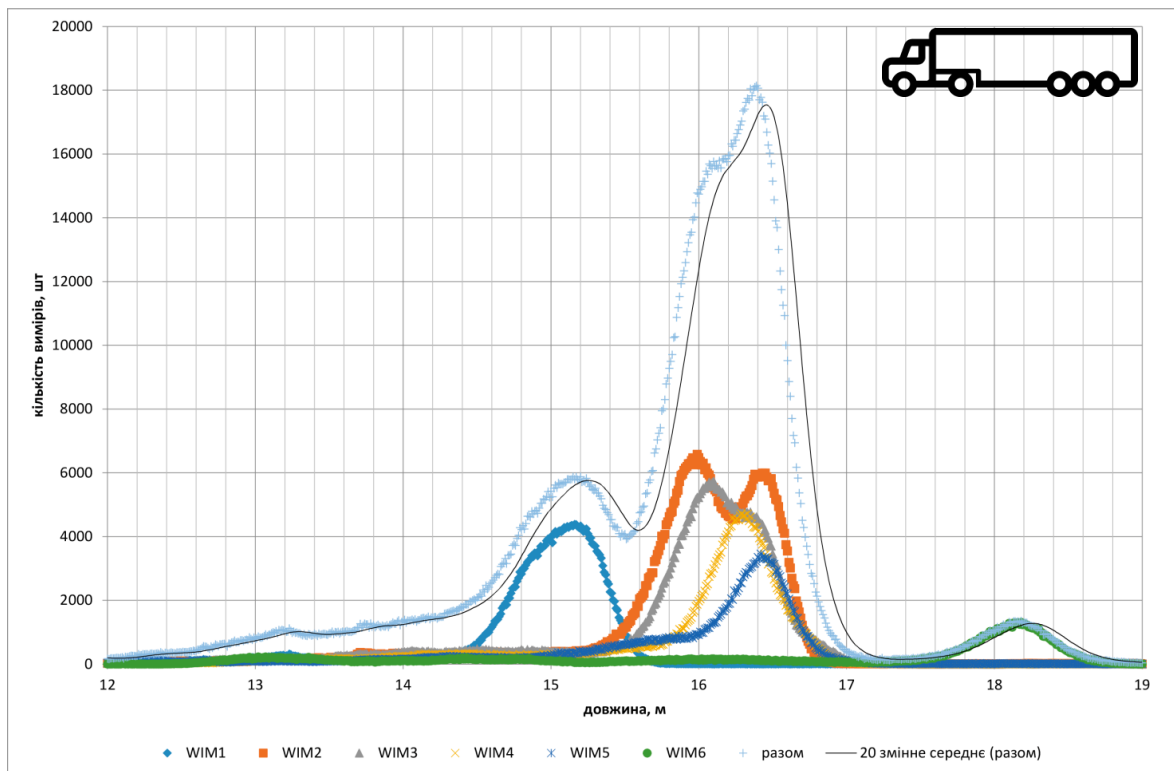


Рис. 8. Довжини двовісних тягачів з тривісними напівпричепами



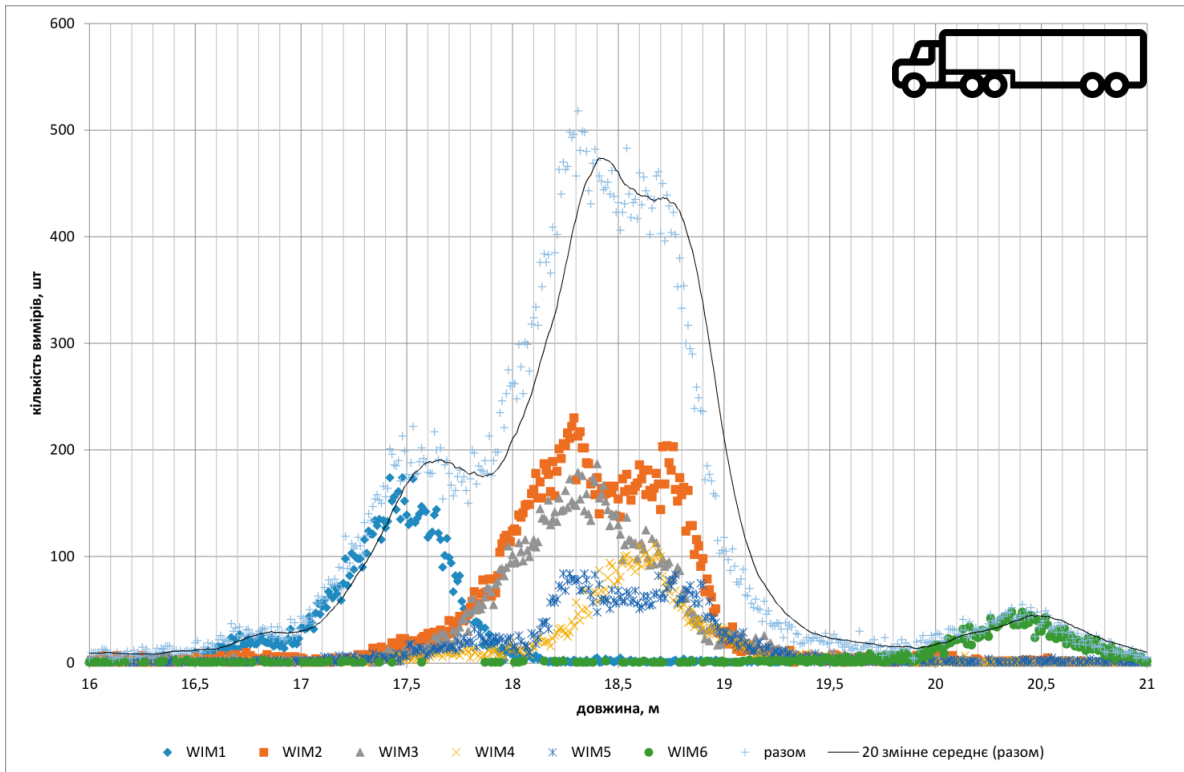


Рис. 9. Довжини тривісних тягачів з двовісними напівпричепами

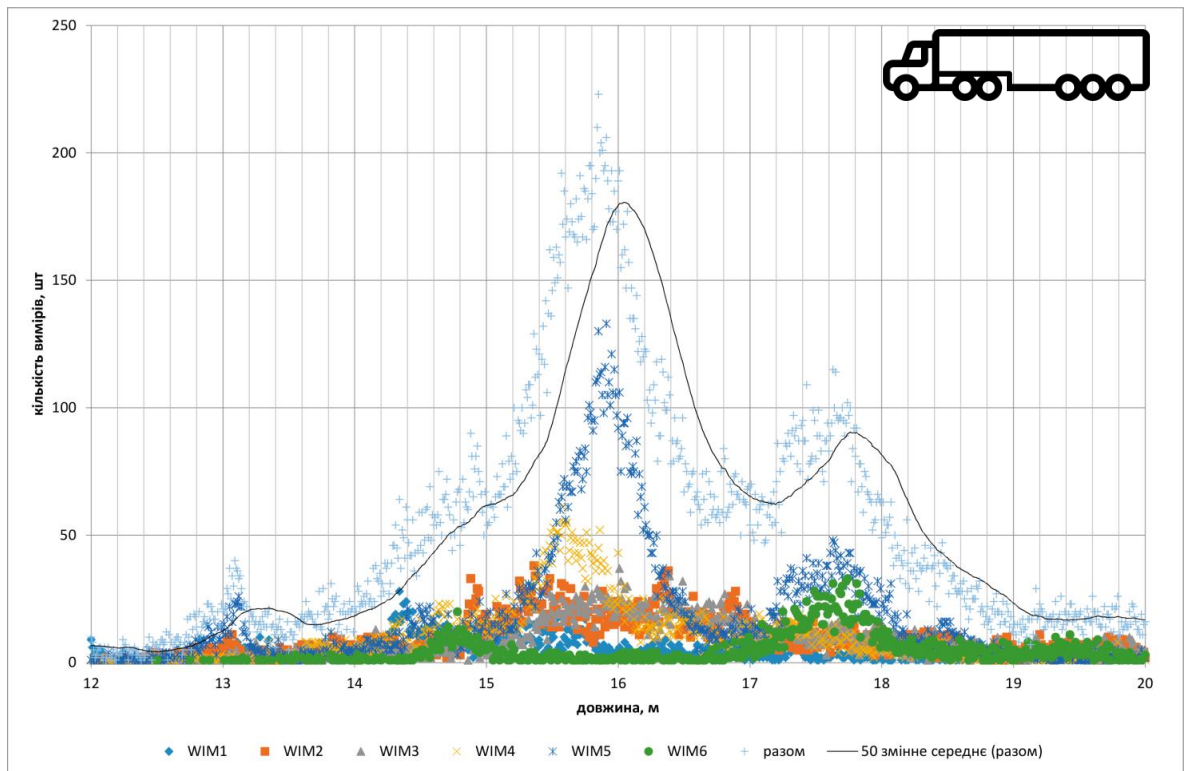


Рис. 10. Довжини тривісних тягачів з тривісними напівпричепами

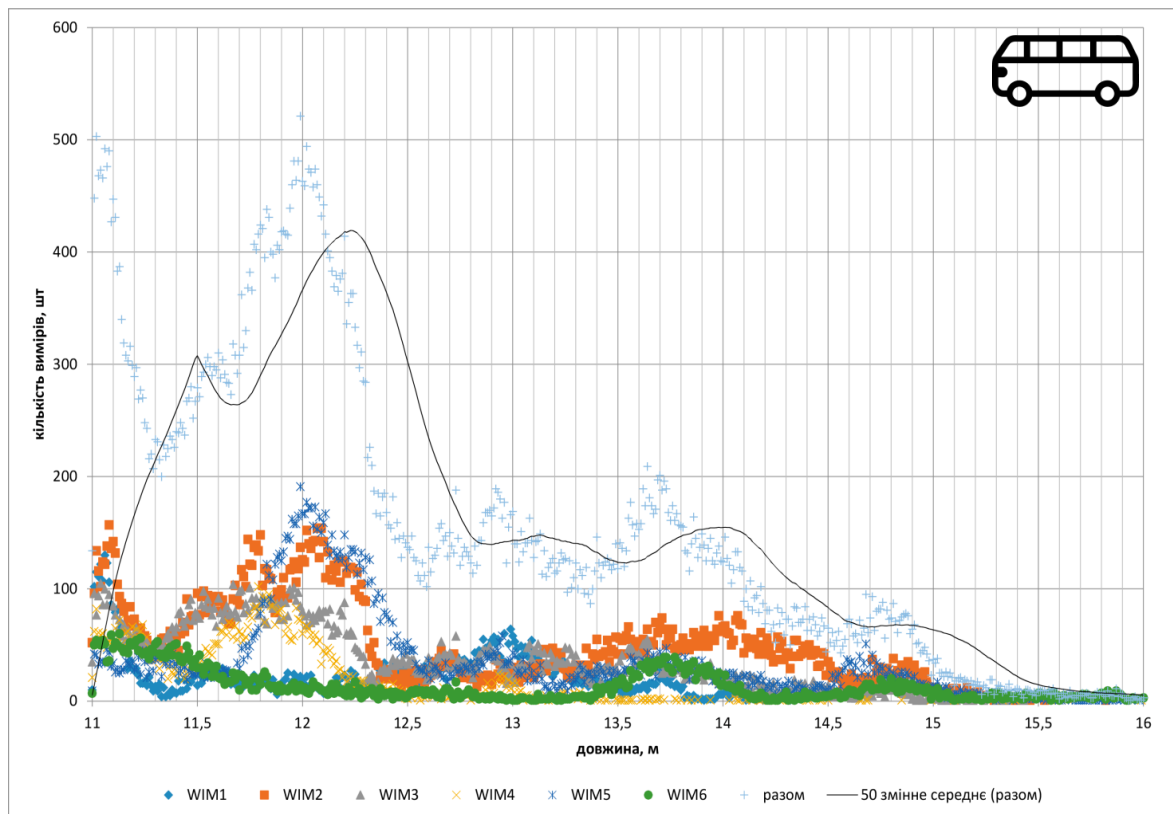


Рис. 11. Довжини автобусів

Аналіз отриманих даних (рис. 2 – 11) показує, що основними складовими транспортного потоку в Україні є легкові автомобілі, мікроавтобуси, двовісні та тривісні вантажні автомобілі, а також автопоїзди, що складаються з двовісних тягачів та двовісних або тривісних напівпричепів.

**Актуалізація даних про швидкість руху транспортних засобів.** Швидкість руху є важливим параметром для моделювання транспортного потоку на мікроскопічному рівні. Швидкість руху є визначальною як під час проектування елементів автомобільної дороги, так і для оцінювання транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги.

Всі вітчизняні нормативні документи (табл. 1) оперують переважно поняттями «розрахункова» та «проектна» швидкості руху, які означають швидкість окремого легкового автомобіля для дороги певної категорії в практично ідеальних умовах, по суті, граничну безпечну швидкість із забезпеченням стійкості автомобіля на сухому або зволоженому чистому покритті та достатньої відстані видимості [17] і ніяк не прив'язані до реальних динамічних можливостей сучасних транспортних засобів.

Нормативами багатьох країн при проектуванні дороги для оцінки відповідності її якості сучасним вимогам рекомендовано використовувати не максимально можливу швидкість, а швидкість 85-відсоткової забезпеченості [17].

Крім того, в окремих випадках під час моделювання та розрахунків використовують середню швидкість руху (п. 5 та 6 табл. 1), а постачальники навігаційних систем надають дані про середню гармонійну швидкість руху та швидкість із забезпеченням від 5 до 95 відсотків [18].

За даними WIM, за період з 01.06.2020 до 28.12.2020 на українських дорогах зафіксовані наступні середні гармонійні швидкості руху (табл. 2). Похибка вимірювань становить 2%.

Таблиця 2. Фактичні середні гармонійні швидкості руху за даними WIM

Точка обліку	Напрямок руху	Смуга руху	Середня гармонійна швидкість руху, км/год			
			автобуси	автопоїзди	вантажівки	легковіки
WIM1 - М-06 км 24+130	Київ	2 (крайня ліва)	90,11	80,44	86,52	87,82
		1 (крайня права)	80,92	71,52	71,84	73,74
WIM2 - М-06 км 54+336	Київ	2 (крайня ліва)	96,88	85,44	93,08	108,13
		1 (крайня права)	89,03	77,81	76,24	86,24
WIM2 - М-06 км 54+336	Чоп	2 (крайня ліва)	96,93	85,44	95,04	103,46
		1 (крайня права)	85,94	78,30	78,82	80,86
WIM3 - М-03 км 80+939	Київ	2 (крайня ліва)	94,85	85,37	99,13	112,14
		1 (крайня права)	89,05	78,87	79,97	84,92
WIM3 - М-03 км 80+939	Харків	2 (крайня ліва)	95,16	85,95	100,56	114,95
		1 (крайня права)	85,66	78,67	80,17	83,78
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бориспіль	2 (крайня ліва)	79,56	78,68	84,55	87,94
		1 (крайня права)	85,66	78,67	80,17	83,78
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бровари	2 (крайня ліва)	83,82	81,03	85,84	90,76
		1 (крайня права)	69,09	71,22	70,42	74,58
WIM5 - М-05 км 36+304	Київ	2 (крайня ліва)	92,93	84,74	93,93	94,50
		1 (крайня права)	81,20	73,71	75,47	75,65
WIM5 - М-05 км 36+304	Одеса	2 (крайня ліва)	94,74	88,69	95,78	94,78
		1 (крайня права)	79,11	71,89	77,45	76,88
WIM6 - М-07 км 62+879	Київ	1 (крайня права)	74,50	75,05	77,94	79,08

Враховуючи той факт, що майданчики WIM побудовані на ділянках автомобільних доріг, на яких не порушується рівномірність руху та відсутні додаткові обмеження швидкості руху, для кожної з цих ділянок можна визначити середню гармонійну швидкість транспортного потоку конкретного складу (або в даному випадку конкретних представників груп транспортних засобів) в умовах вільного руху (табл. 3). Зазвичай, умови вільного руху на підходах до великих населених пунктів забезпечуються в проміжку часу з 22:00 до 6:00 та з 10:00 до 14:00, а на всіх інших майданчиках WIM – практично цілодобово.

Таблиця 3. Фактичні середні гармонійні швидкості в умовах вільного руху за даними WIM

Точка обліку	Напрямок руху	Смуга руху	Середня гармонійна швидкість в умовах вільного руху, км/год			
			автобуси	автопоїзди	вантажівки	легковіки
WIM1 - М-06 км 24+130	Київ	2 (крайня ліва)	96,37	83,63	93,52	100,45
		1 (крайня права)	88,75	76,54	77,27	81,24
WIM2 - М-06 км 54+336	Київ	2 (крайня ліва)	98,38	86,02	96,14	110,86
		1 (крайня права)	92,31	79,73	79,02	88,3
WIM2 - М-06 км 54+336	Чоп	2 (крайня ліва)	99,84	86,61	97,49	109,98
		1 (крайня права)	91,52	78,92	80,70	84,76
WIM3 - М-03 км 80+939	Київ	2 (крайня ліва)	98,31	86,52	103,64	118,36
		1 (крайня права)	93,85	79,89	83,91	86,78
WIM3 - М-03 км 80+939	Харків	2 (крайня ліва)	98,52	87,24	103,58	118,04
		1 (крайня права)	93,66	79,61	82,99	88,21
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бориспіль	2 (крайня ліва)	98,44	80,98	87,81	92,16
		1 (крайня права)	73,68	71,61	70,71	74,37
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бровари	2 (крайня ліва)	87,64	83,12	88,11	93,26
		1 (крайня права)	76,74	73,39	72,35	77,50
WIM5 - М-05 км 36+304	Київ	2 (крайня ліва)	97,00	85,44	97,18	102,56
		1 (крайня права)	86,46	75,22	77,55	81,52
WIM5 - М-05 км 36+304	Одеса	2 (крайня ліва)	109,31	96,55	99,99	104,73
		1 (крайня права)	84,86	73,94	82,17	82,65
WIM6 - М-07 км 62+879	Київ	1 (крайня права)	78,45	77,12	80,99	82,62

Для додаткового підтвердження або спростування отриманих за допомогою WIM характеристик (табл. 2 та 3) транспортного потоку можливо використовувати дані (табл. 4) від постачальників навігаційних систем [18].

Таблиця 4. Фактичні швидкості руху за даними TomTom

Ділянка, що містить точку обліку	Напрямок руху	Середня гармонійна швидкість, км/год	Швидкість із забезпеченням, %, км/год																		
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
М-06 км 24+130	Київ	94,96	70	77	82	86	89	92	95	97	100	102	104	106	108	111	113	116	119	124	131
М-06 км 54+336	Київ	107,22	82	88	93	97	100	104	106	109	112	115	117	120	122	125	128	132	136	141	150
М-06 км 54+336	Чоп	108,52	82	88	93	97	100	103	105	108	111	113	116	118	121	124	127	130	134	139	147
М-03 км 80+939	Київ	115,47	84	91	96	100	104	108	111	113	117	119	123	126	129	132	136	140	145	151	162
М-03 км 80+939	Харків	111,89	82	89	95	99	102	105	108	111	113	116	119	122	124	128	131	134	139	145	154
М-05 км 36+304	Київ	99,98	71	79	85	88	93	96	99	102	103	106	108	111	113	116	119	123	127	132	141
М-05 км 36+304	Одеса	104,84	78	85	90	94	97	100	102	105	107	109	112	114	116	119	121	125	129	134	142
М-07 км 62+879	Київ	99,89	78	83	87	90	93	96	97	99	102	104	106	109	111	114	117	120	124	129	139
М-06 км 246+008	Київ	109,95	83	87	92	96	100	103	106	109	112	115	118	121	124	127	131	135	140	147	157
М-06 км 246+008	Чоп	115,78	85	91	96	100	104	108	111	114	117	120	123	126	129	133	136	141	146	152	161

#### Актуалізація даних про розподіл транспортних засобів.

Як було вказано в п. 3 табл. 1, під час розрахунку конструкції дорожнього одягу використовують коефіцієнт  $f_{\text{смуги}}$ , який враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них (табл. 6.3 [5]).

За даними WIM, за період з 01.06.2020 до 28.12.2020 на українських дорогах зафіксований наступний розподіл транспортних засобів (табл. 5).

Таблиця 5. Фактичний розподіл транспортних засобів за смугами руху за даними WIM

Точка обліку	Напрямок руху	Кількість транспортних засобів, од	Фактичний розподіл, %, за номером смуги	
			2 (крайня ліва)	1 (крайня права)
			всього за групами*	всього за групами
WIM1 - М-06 км 24+130	Київ	2 014 068	37,05 63,99-28,19-7,33-0,49	62,92 28,71-38,89-32,08-0,32
WIM2 - М-06 км 54+336	Київ	673 521	8,01 28,74-23,65-42,53-5,08	91,98 10,45-26,82-61,55-1,18

Точка обліку	Напрямок руху	Кількість транспортних засобів, од	Фактичний розподіл, %, за номером смуги	
			2 (крайня ліва)	1 (крайня права)
			всього за групами*	всього за групами
WIM2 - М-06 км 54+336	Чоп	733 893	10,83 23,86-34,50-38,02-3,62	89,14 5,07-34,97-58,42-1,54
WIM3 - М-03 км 80+939	Київ	559 547	8,68 15,78-43,52-38,17-2,53	91,32 3,45-31,86-63,20-1,49
WIM3 - М-03 км 80+939	Харків	572 113	9,81 19,04-41,06-37,42-2,48	90,19 3,69-31,08-64,06-1,17
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бориспіль	708 752	11,85 48,33-29,40-22,03-0,24	88,15 13,76-35,31-50,12-0,81
WIM4 - Р-03 км 19+543	Бровари	275 622	18,50 45,27-32,65-21,66-0,42	81,50 10,76-35,02-53,30-0,92
WIM5 - М-05 км 36+304	Київ	843 683	32,46 62,24-30,59-6,31-0,86	67,54 28,92-35,00-34,96-1,12
WIM5 - М-05 км 36+304	Одеса	429 618	18,11 34,20-34,87-27,36-3,57	81,89 10,49-34,06-53,61-1,84
WIM11 - М-06 км 246+008	Київ	2 703**	<u>27,12</u> н/с***	<u>72,88</u> н/с
WIM11 - М-06 км 246+008	Чоп	1 646**	<u>7,35</u> н/с	<u>92,65</u> н/с

\* легкові – вантажні – автопоїзди – автобуси  
\*\* з 23.12.2020 до 28.12.2020  
\*\*\* не сертифікований – класифікація транспортних засобів здійснюється з похибкою

**Висновки.** За допомогою даних, зібраних WIM, було отримане підтвердження зміни кількісних та якісних характеристик транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування України.

Отримані результати свідчать про потребу у модернізації чинних підходів до виконання розрахунків, прийняття проектних рішень та калібруванні інструментів моделювання.

Крім того, дані про зважування в русі дозволяють краще розуміти поведінку транспортних потоків та застосовувати більш широкий спектр інструментів моделювання, розроблених науковцями інших країн.

#### REFERENCES

1. Femke Kessels, J.W.C. Van Lint, C. Vuik, Serge Hoogendoorn Genealogy of traffic flow models // EURO Journal on Transportation and Logistics, Volume 4, Issue 4, December 2015, Pages 445-473. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13676-014-0045-5>.
2. Femke van Wageningen-Kessels, Serge P. Hoogendoorn, Kees Vuik, and Hans van Lint // Traffic Flow Modeling: Genealogy // Transportation Research Circular E-C195, April 2015, Pages 1-16.
3. Nurul Nasuha Nor Azlan, Munzilah Md Rohani // Overview of Application of Traffic Simulation Model // MATEC Web of Conferences 150, 03006 (2018). Retrieved from <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815003006>.
4. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.
5. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.

6. М 218-02070915-674:2010 Методика визначення рівня завантаженості та пропускної здатності автомобільних доріг.
7. МР В.2.3-37641918-891:2017 Методичні рекомендації щодо оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків.
8. ДСТУ 8894:2019 Безпека дорожнього руху. Лінійний аналіз аварійності та оцінювання умов безпеки руху на автомобільних дорогах.
9. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку. Монографія. За заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП "ДержавтотрансНДІпроект", 2005. – 400.
10. Вознюк А.Б. Мережа доріг України та сучасні транспортні потоки // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – К.: ДП «ДерждорНДІ», 2014. – Випуск 14. – С. 111–124.
11. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р.
12. Електронний ресурс Retrieved from <https://stat.ukravtodor.gov.ua>
13. Mohammad Maghrouf Zefreh, Ádám Török, Ferenc Mészáros // Average Vehicles Length in Two-lane Urban Roads: A Case Study in Budapest // Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 45(4), pp. 218-222, 2017. Retrieved from <https://doi.org/10.3311/PPtr.10744>
14. Robert Bartlett // Dimensions of vehicles - the physical dimensions of road vehicles // Global Transport Atlas, Series 3 - Discussion Papers, June 2012, Pages 1-5. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/200736172\\_dimensions\\_of\\_vehicles\\_-\\_the\\_physical\\_dimensions\\_of\\_road\\_vehicles](https://www.researchgate.net/publication/200736172_dimensions_of_vehicles_-_the_physical_dimensions_of_road_vehicles).
15. M. Zanne, A. Groznik. The impact of traffic flow structure on traffic safety: the case of Slovenian motorways // Vilnius Gediminas Technical University, Transport, 2018 Volume 33(1). Pages 216–222. doi:10.3846/16484142.2016.1153519.
16. Chao Gao, Jinliang Xu, Xingli Jia, Yaping Dong, and Han Ru. Influence of large vehicles on the speed of expressway traffic flow // Hindawi, Advances in Civil Engineering, Volume 2020, Article ID 2454106, 9 pages. Retrieved from <https://doi.org/10.1155/2020/2454106>.
17. Смірнова Н.В. Аналіз проектів автомобільних доріг за критерієм швидкості руху. Науково-виробничий журнал № 2 (238) березень – квітень 2014 р., с. 31-34.
18. Вознюк А. Б., Каськів В. І. Використання великих даних для актуалізації підходів до аналізу аварійності на автомобільних дорогах // Технологічний аудит і резерви виробництва – 2020 - №3/2(53) – С. 23-37.